

GEISENHEIMER BERICHTE

Einfluss weinbaulicher und klimatischer Bedingungen auf die Bildung des Untypischen Alterungstons (UTA) in Wein

Veröffentlichungen der
Hochschule GEISENHEIM University

Marco Pflieginger

Band 88



Einfluss weinbaulicher und klimatischer Bedingungen auf die Bildung des Untypischen Alterungstons (UTA) in Wein

Marco Pfliehinger

HOCHSCHULE GEISENHEIM UNIVERSITY
Prof. Dr. Otmar Löhnertz

und

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN
Institut für Pflanzenernährung
Prof. Dr. Sven Schubert

Marco Pfliehinger

Einfluss weinbaulicher und klimatischer Bedingungen auf die Bildung des
Untypischen Alterungstons (UTA) in Wein

Geisenheim, 2017

ISBN 13 978 3 934 742 79 6

Herausgeber: Gesellschaft zur Förderung
der Hochschule Geisenheim

Satz: Marco Pfliehinger

Alle Rechte, insbesondere das Recht auf Vervielfältigung und Verbreitung, vorbehalten.
Kein Teil des Buches darf ohne Genehmigung der Gesellschaft zur Förderung der Hochschule Geisenheim reproduziert, verarbeitet oder vervielfältigt werden.

© 2017

Aus dem Institut für Pflanzenernährung
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Prof. Dr. Sven Schubert

und

dem Zentrum für Angewandte Biologie
Institut Bodenkunde und Pflanzenernährung
der Hochschule Geisenheim
Prof. Dr. Otmar Löhnertz

Einfluss weinbaulicher und klimatischer Bedingungen auf die Bildung des Untypischen Alterungstons (UTA) in Wein

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)
des Fachbereichs Agrarwissenschaften, Ökotropologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Dipl. Oenologe Marco Pfliehinger
aus Bühl/Baden

Geisenheim, 2014

Referent: Prof. Dr. Sven Schubert
Korreferent: Prof. Dr. Otmar Löhnertz
Tag der Promotion: 1. März 2017

„Lieber probieren und schlecht machen, als gar nichts tun.“

Lew Nikolajewitsch Tolstoi

Danksagung

Herrn Prof. Dr. Sven Schubert danke ich für das Interesse an dieser Arbeit und die Anregungen beim Verfassen der Dissertation.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Otmar Löhnertz für die Bereitstellung des interessanten Themas und für seine Hilfe und Geduld.

Herrn Prof. Dr. Großmann, Frau Prof. Dr. Doris Rauhut und Helmut Kürbel aus dem Institut Mikrobiologie und Biochemie danke ich für die Durchführung der AAP Analysen.

Ein großes Dankeschön den Mitarbeitern des Instituts Bodenkunde und Pflanzenernährung: Ruth Lehnart, Ralph Lehnart, Veronika Weber, Birgit Krause, Gudrun Beikler, Kerstin Ziesen, Gerlinde Wandrey, Stefan Muskat, Uwe Loos, Frank Meilinger, Kathrin Wind, Caroline Hans, Monika Frankenberger, Prof. Dr. Ulrich Brückner, Andreas Binzel, Marina Schmitz. Danke für die Hilfe und die schöne Zeit in der Bodenkunde.

Vielen Dank an Anja Giehl und Anja Rheinberger aus dem Institut Weinanalytik und Getränkeforschung für die Durchführung der FTIR-Analysen. Prof. Dr. Mirjam Hey danke ich für die Durchführung der Aromaanalysen.

Bei Magali Lafontaine aus dem Institut für allgemeinen und ökologischen Weinbau möchte ich mich für die Hilfe bei der Auswahl der Folien für die Bestrahlungsversuche bedanken.

Danke dem Institut Rebenzüchtung für die Bereitstellung von Weinen und dem Institut Oenologie für die Hilfe bei der Sensorik.

Mein Dank an: Dr. Albert Linsenmeier, Ruth Lehnart, Dr. Armin Schüttler, Yvonne Lehmann, Robert Kunz, Antje Berlebach, Dr. Johannes Max für die Anregungen und Verbesserungsvorschläge beim Schreiben der Arbeit.

Dr. Albert Linsenmeier, Dr. Armin Schüttler, Dr. Inga Smit, Simone Adams, Antonie Binner, Robert Kunz, Yvonne Lehmann, Antje Berlebach, Felix Eiserlo, Stefan Muskat Heiko Bastian, Anne Grimmich möchte ich für die Diskussionen und thematische Unterstützung danken.

Vielen Dank an Michael Ehrlich für die Hilfe bei den Analysen.

Mein Dank gilt meinen Eltern. Besonders meinem Vater, der die Lampenhalterung für die UV-B-Bestrahlung anfertigte.

Ein herzliches Dankeschön an Sandra, und vor allem an Joshua und Hannah. Ihr zwei habt mich immer wieder aufgemuntert.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung.....	1
2 Hypothesen	15
3 Material und Methoden	16
3.1 Versuchsaufbau und Versuchsflächen	16
3.1.1 Gefäßversuch im Freiland	16
3.1.2 Freilandversuch	26
3.2 Witterungsverhältnisse	26
3.3 Phänologische Daten	29
3.4 Ausbau der Weine	30
3.4.1 Gefäßversuch.....	30
3.4.2 Freilandversuch	31
3.5 Probennahme und Probenlagerung	31
3.5.1 Gefäßversuch.....	31
3.5.2 Freilandversuch	33
3.6 Analytik beim Freiland- und Gefäßversuch.....	33
3.7 Quantitativ beschreibende Sensorik.....	36
3.8 Modellversuche	37
3.9 Analytik beim Gefäß-, Freiland- und Modellversuch	39
3.9.1 Aromastoffe (AAP, ASME, Indol, Skatol)	39
3.9.2 Tryptophanderivate	40
3.9.3 Antioxidatives Potential	42

3.10	Statistische Untersuchungen.....	42
4	Ergebnisse.....	43
4.1	Weinbauliche und klimatische Einflüsse.....	43
4.1.1	Düngung und Bewässerung beim Gefäßversuch	43
4.1.1.1	Wasserbedarf während der Vegetationsperiode	43
4.1.1.2	Wasserhaushalt während der Vegetationsperiode	44
4.1.1.3	Traubenertrag.....	46
4.1.1.4	Beerengewicht	48
4.1.1.5	Gipfellaub	49
4.1.1.6	Frucht-Holz-Verhältnis.....	50
4.1.1.7	Befall mit <i>Botrytis cinerea</i>	52
4.1.1.8	Mostgewicht	53
4.1.1.9	Gesamt-N in Beeren, Most und Wein	55
4.1.1.10	Aminosäuren in Most und Wein.....	59
4.1.1.11	Gärverlauf.....	62
4.1.1.12	Reduzierende Zucker.....	64
4.1.1.13	Aromastoffe	65
4.1.1.14	Skatol.....	67
4.1.1.15	Indol.....	69
4.1.1.16	Anthranilsäuremethylester.....	70
4.1.1.17	2-Aminoacetophenon.....	71
4.1.2	Einfluss der Strahlung beim Gefäßversuch	73
4.1.2.1	Traubenertrag.....	73
4.1.2.2	Traubenfarbe.....	74
4.1.2.3	Malondialdehyd	76
4.1.2.4	Gesamt-Aminosäuren in Most und Wein	77
4.1.2.5	Skatol.....	79
4.1.2.6	Indol.....	80
4.1.2.7	Anthranilsäuremethylester.....	81
4.1.2.8	2-Aminoacetophenon.....	82
4.1.3	Zusammenhang zwischen Messparametern beim Gefäßversuch	83

4.1.3.1	Aminosäure-N und weitere Stickstoff-Parameter	83
4.1.3.2	Zusammenhang zwischen 2-Aminoacetophenon und weiteren Parametern.....	86
4.1.3.3	Zusammenhang zwischen AAP und der Stickstoffversorgung	88
4.2	Sensorische Ergebnisse	90
4.2.1	Düngung und Bewässerung beim Gefäßversuch.....	90
4.2.1.1	Frucht	90
4.2.1.2	Bitterkeit.....	91
4.2.1.3	Harmonie.....	93
4.2.1.4	Fehlton.....	94
4.2.1.5	UTA.....	96
4.2.1.6	UTA nach forcierter Alterung	97
4.2.2	Strahlung beim Gefäßversuch	98
4.2.2.1	Fehlton.....	98
4.2.2.2	UTA.....	100
4.2.3	Zusammenhang zwischen UTA und verschiedene Messparameter beim Gefäßversuch.....	101
4.2.4	Zusammenhang zwischen 2-Aminoacetophenon und UTA nach Zusatz von 2-Aminoactophenon	104
4.3	Einfluss unterschiedlicher Vitis-Arten beim Gefäßversuch.....	105
4.3.1	Traubenertrag	105
4.3.2	Skatol.....	107
4.3.3	Indol	108
4.3.4	Anthranilsäuremethylester	109
4.3.5	2-Aminoacetophenon	111
4.3.6	Anthranilsäuremethylester Verlauf bei Niagara.....	113
4.3.7	2-Aminoacetophenon Verlauf bei Niagara.....	116

4.3.8	Zusammenhang zwischen AAP und anderen Aromastoffen bei unterschiedlichen Vitis-Arten	118
4.4	Einfluss von Indoleessigsäure und antioxidativem Potential auf die AAP-Bildung	120
4.4.1	Düngung und Bewässerung beim Gefäßversuch	120
4.4.1.1	Freie Indoleessigsäure	120
4.4.1.2	Gesamt-Indoleessigsäure	124
4.4.1.3	Antioxidatives Potential	128
4.4.2	Strahlung beim Gefäßversuch	129
4.4.2.1	Freie Indoleessigsäure	129
4.4.2.2	Gesamt-Indoleessigsäure	133
4.4.2.3	Antioxidatives Potential	135
4.4.3	Zusammenhang zwischen Indoleessigsäure, antioxidativem Potential und 2-Aminoacetophenon	137
4.4.3.1	Indoleessigsäure und 2-Aminoacetophenon	137
4.4.3.2	Antioxidatives Potential und 2-Aminoacetophenon	140
4.4.4	Einfluss unterschiedlicher Vitis-Arten beim Gefäßversuch	142
4.4.4.1	Freie Indoleessigsäure	142
4.4.4.2	Gesamt-Indoleessigsäure	145
4.4.4.3	Antioxidatives Potential	148
4.4.5	Zusammenhang bei unterschiedlichen Vitis-Arten	149
4.4.5.1	Indoleessigsäure und 2-Aminoacetophenon	149
4.4.5.2	Antioxidatives Potential und 2-Aminoacetophenon	152
4.4.6	Entwicklung von Aromastoffen und Tryptophanderivaten während des Weinausbaus bei Niagara	155
4.4.7	Modellversuche	157
4.4.7.1	Zusatz von Indoleessigsäure und Ascorbinsäure	157
4.4.7.2	Zusatz von Ascorbinsäure bei unterschiedlichen Vitis-Arten	161
4.5	Freilandversuch und UTA belastete Weine	162

4.5.1	Stressanlage	162
4.5.1.1	Analytische Werte	162
4.5.1.2	Sensorik	164
4.5.2	UTA belastete Weine	166
5	Diskussion	167
5.1	Die Zunahme von abiotischem Stress führt zu erhöhten AAP-Konzentrationen	167
5.1.1	Zusammenhang zwischen N-Düngung, Trockenheit und der AAP-Konzentration	167
5.1.2	Erhöhte Strahlung führt nicht zu erhöhten AAP-Konzentrationen	174
5.2	Einfluss von Indoleessigsäure und dem antioxidativen Potential im Wein auf die AAP-Konzentration	176
5.3	Die Bildung von 2-Aminoacetophenon bei <i>Vitis labruscana</i> und <i>Vitis vinifera</i>	184
5.4	Die Zunahme von abiotischem Stress führt zu UTA-ähnlichen Fehltonen	190
6	Schlussfolgerungen	201
7	Zusammenfassung	204
8	Summary	206
	Literaturverzeichnis	208

Abkürzungsverzeichnis

° Oe	Grad Oechsle
4-PP	4-Propylphenol
AAP	2-Aminoacetophenon
AAS	Atomabsorptionsspektrometer
Abb.	Abbildung
ACW	wasserlösliche antioxidative Kapazität
ANOVA	Varianzanalyse (Analysis of Variance)
AS	Aminosäure
ASME	Anthranilsäuremethylester
AS-N	Aminosäuren Stickstoff
CID	stoßinduzierte Dissoziation (collision-induced dissociation)
EK-Filtration	Entkeimungsfiltration
FM	Frischmasse
FS/IS	Fläche Substanz / internen Standard
FTIR	Fourier Transform Infrarotspektrometrie
GC-MS	Gaschromatographie, Massenspektrometer
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography
i. D.	im Durchmesser
IES	Indolessigsäure
mg	Milligramm
mL	Milliliter
mol%	Molprozent
N	Stickstoff
nFK	nutzbare Feldkapazität
SF	Standardfehler
SO ₂	Schweflige Säure
Tab.	Tabelle
TDN	Trimethyldihydronaphtalin
TS	Trockensubstanz
UTA	Untypischer Alterungston

1 Einleitung

Seit Ende der 1980er Jahre wurden vermehrt Fehlparomen in Weißweinen festgestellt (CHRISTOPH ET AL. 1995). Von einer Expertengruppe, die im Jahr 1991 in Neustadt a. d. W. zusammentraf, wurde der Begriff „Untypische Alterungsnote“ festgelegt. Mit diesem Begriff sollte ein Weinfehler, der in den Jahren 1989, 1990 und 1991 stark aufgetreten war, beschrieben werden (POHL 1992). Sensorisch werden solche Weine mit Begriffen wie Naphthalinnote, Hybridton, Seifenton, Foxton, Stallton, Jahrgangston, Mottenkugeln, Kernseife, Akazienblte, Orangenblte, schmutzige Wäsche und nasser Lappen beschrieben (RAPP UND VERSINI 1993; RAPP UND VERSINI 2002, CHRISTOPH ET AL. 1995, FISCHER UND SPONHOLZ 2000). Zusätzlich fällt auf, dass solche Weine oft gerbend, stumpf und bitter beschrieben werden (KETTERN 2000, SCHWAB UND PETERNEL, 2001).

Die für die Ausprägung des Untypischen Alterungstones (UTA) verantwortliche Komponente wurde von RAPP UND VERSINI (1993) als 2-Aminoacetophenon (AAP) identifiziert. AAP wurde als fehltonverursachende Komponente in Milchpulver (PARKS ET AL. 1964), Milch (ARNOLD ET AL. 1966) und Bier (PALMAND ET AL. 1974) nachgewiesen. AAP ist auch der Schlsselaromastoff von Tortillas und Taco Shells aus Mais, der mit Kalk behandelt wurde (Masa Corn) (BUTTERY UND LING 1994, 1998). Seine Geruchsschwelle ist mit 0,2 µg/kg in Wasser sehr niedrig (BELITZ ET AL. 2008). AAP wurde auch in Kastanienhonig (GUYOT ET AL. 1998, YANG ET AL. 2012), als Geruchsstoff von Fledermäusen (NIELSON ET AL. 2006) und als Pheromon von Honigbienen (PAGE ET AL. 1988) gefunden.

Als geruchsaktiv bei Weinen aus *Vitis vinifera* gelten Konzentrationen ab 0,7–1,0 µg/L (RAPP UND VERSINI 1993). In Wein wird AAP zusammen mit Anthranilsäuremethylester und Furaneol für den Hybridton in Amerikanerreben verantwortlich gemacht (ACREE ET AL. 1990, SHURE UND ACREE 1994, HHN 1992). In diesen Sorten liegt AAP in hohen Konzentrationen über der Geruchsschwelle vor, während für *Vitis vinifera* Konzentrationen an AAP < 0,3 µg/L als normal angesehen werden (RAPP UND VERSINI 1996 b). UTA erscheint im Jungwein oft schon wenige Monate nach der Gärung und die Intensität nimmt im Laufe der Lagerung zu (RAPP UND VERSINI 1995, CHRISTOPH ET AL. 1998). Dies wird oft damit begründet, dass sich mit fortschreitender Reife die fruchtigen Jungweinaromen verlieren und somit die Maskierung von AAP abnimmt (JAKOB 1993, RAPP 1995, LINSSENMEIER ET AL. 2007 b). Gleichzeitig nimmt aber die AAP-Bildung auch nach Jahren der Lagerung noch

kontinuierlich zu (RAPP ET AL. 1998). Alle Weißweinsorten sind unterschiedlich stark betroffen, während bei Rotweinen kein UTA zu finden ist (BADER 1996, SPONHOLZ ET AL. 1997). Jedoch können Rosé-Weine mit UTA behaftet sein (SPONHOLZ ET AL. 2001, RAUHUT UND KÜRBEL 2002).

UTA trat zuerst in den Weinbaugebieten Franken und Baden (CHRISTOPH ET AL. 1995, POHL 1992) auf. Doch auch in der Pfalz (RAPP ET AL. 1993) und Rheinhessen (JAKOB 1993) wurde der Fehlton gefunden. Bei Weinen aus verschiedenen europäischen Weinbauregionen, insbesondere aus Italien und Frankreich, wurden hohe AAP-Konzentrationen (RAPP UND VERSINI 1995) und UTA (GEBNER ET AL. 1998) festgestellt. Auch in der Schweiz (HÜHN ET AL. 1999 b, SPRING 2006, SPRING 2008), Österreich (SCHNEIDER UND TRUMMER 2009) und Italien (VERSINI UND LUNESLLI 2002) wurden UTA-belastete Weine gefunden. In außereuropäischen Ländern wurden Versuche zu UTA durchgeführt oder Weine auf AAP untersucht. HENICK-KLING ET AL. (2008) stellten an der Ostküste der USA sensorisch UTA im Wein fest, konnten allerdings kein AAP nachweisen. Bei Weinen aus Oregon fanden FAN ET AL. (2007) keine erhöhten AAP-Konzentrationen. In Dotierungsversuchen erkannten sie UTA ab einer Konzentration von 0,5 µg/L AAP. SIEBERT ET AL. (2003) konnten bei Messungen von fehlerhaften Weinen aus Australien kein AAP finden und kamen zu dem Schluss, dass UTA in Australien keine Rolle spielt. Zu gleichen Ergebnis kam auch WINTER (2003), jedoch wird eingeräumt, dass die UTA-Problematik aufgrund von Wasserknappheit in Zukunft stärker auftreten könnte.

Dass die Bedeutung von UTA nicht weniger geworden ist, zeigt die Tatsache, dass immer wieder Methoden zur Bestimmung von AAP veröffentlicht wurden (RAUHUT ET AL. 2007, 2008, SCHMARR ET AL. 2007, FAN ET AL. 2007, HENICK-KLING ET AL. 2008, KOSMERL UND ZLATIC 2008, 2009, GULAN UND ARZBERGER 2008). Auch in weiteren Arbeiten wird angemerkt, dass UTA zu den größten weinbaulichen Herausforderungen gehört und weiter untersucht werden muss (SCHNEIDER UND TRUMMER 2009, SCHNEIDER 2014, SCHNEIDER 2013 a). Auch bei den jährlich von KREBS UND BÄRMANN (1989-2013) veröffentlichten Ergebnissen der Qualitätsweinprüfung in Baden zeigte sich, dass nach wie vor bei einem Drittel der abgelehnten Weine UTA eine Rolle spielt.

Im Wein werden als Vorstufen von AAP Komponenten des Tryptophanstoffwechsels gesehen (RAPP ET AL. 1995; GEBNER ET AL. 1996, HÜHN ET AL. 1999). Im Stoffwechsel von

Mikroorganismen, Pflanzen, Tieren und Menschen wird die Bildung von AAP aus der Aminosäure Tryptophan diskutiert (MANN 1967; KOCHEN ET AL. 1975; COX UND PARKER 1979; LUCKNER 1990). MANN (1967) beschreibt einen Abbau des Tryptophans durch verschiedene *Pseudomonas*-Arten über Formylkynurenin und Formylaminoacetophenon zu AAP. KOCHEN ET AL. (1975) sehen ebenfalls einen enzymatischen Abbau des Tryptophans über Formylkynurenin und Kynurenin zu AAP. FRYDMAN ET AL. (1971) stellten auch eine enzymatische Bildung von AAP aus Abbauprodukten des Tryptophans dar. Die Biosynthese von AAP aus Kynurenin beschreiben KASEDA ET AL. (1973).

Es ist zu sehen, dass die Bildung von AAP eng mit dem Tryptophanstoffwechsel zusammenhängt. Aus diesem Grund wurden Gärversuche mit Substanzen des Tryptophanstoffwechsels durchgeführt. In Gärversuchen mit synthetischen Nährlösungen wurde bei der Vergärung mit Reinzuchthefen aus Tryptophan AAP gebildet (RAPP ET AL., 1995, CIOLFI ET AL. 1996). Die ermittelten, aus dem Hefestoffwechsel stammenden Konzentrationen an AAP liegen, mit Ausnahme bei Tryptophan als einziger Stickstoffquelle, deutlich unter den Konzentrationen, die im Wein die unerwünschte Aromanote hervorrufen können. RAPP UND VERSINI (1995) deuten diese Ergebnisse als Hinweis dafür, dass die Gärung keine bzw. nur eine untergeordnete Rolle für die Bildung von AAP besitzt. Auch DOLLMANN ET AL. (1996) sehen L-Tryptophan nicht als Vorläufer von AAP. Jedoch stellt für sie Kynurenin eine Vorstufe von AAP dar (DOLLMANN ET AL. 1997). Bei Gärversuchen in synthetischem Medium mit Zusatz von Tryptophan wurde die Konzentration an AAP nicht signifikant erhöht (GEBNER ET AL. 1996). Bei Zusatz von IES, Anthranilsäure, Kynurenin und Kynuramin konnten nach der Gärung nur bei der Vergärung mit Indoleessigsäure (IES) hohe Konzentrationen (bis 40 µg/L) an AAP gefunden werden. Daraus wurde gefolgert, dass IES eine Schlüsselrolle bei der Bildung von UTA einnimmt, während die Bildung von AAP aus Kynurenin nur in geringem Maße erfolgte. Dies wurde durch die Arbeit von HOENICKE ET AL. (2002 a) bestätigt.

Bei der Testvergärung eines synthetischen Mangelmediums mit Zusatz von IES und Indoleessigsäure-Ethylester zeigte sich bei allen Varianten eine Freisetzung von AAP direkt nach der alkoholischen Gärung. Bei der Vergärung eines Mostmediums konnten unmittelbar nach der Gärung nur sehr geringe Konzentrationen an AAP gefunden werden. Nach SO₂-Stabilisierung und 6-monatiger Lagerung der Weine wurde AAP gefunden (HÜHN ET AL. 1999 a). Auch HOENICKE ET AL. (2002 a) fanden in Modellstudien direkt nach dem Vergä-

ren von Mosten mit Zusatz von IES nur geringe Mengen an AAP im Jungwein. Der Ausschluss einer sensorisch ausreichenden Bildung von AAP bei der Vergärung von Traubenmost stimmt mit der Beobachtung überein, dass AAP in Mosten und ungeschwefelten Jungweinen nicht nachweisbar ist (GEBNER ET AL. 2000) und UTA normalerweise erst wenige Monate nach der Flaschenfüllung auftritt.

Neben der geringen mikrobiellen Bildung von AAP aus IES sind auch die enzymatische Bildung sowie die Umsetzung von IES durch Photooxidation, UV-Strahlung und Wärme möglich (CHRISTOPH ET AL. 1996, DOLLMANN ET AL. 1996). Diese Vorgänge führen jedoch nicht zu sensorisch relevanten AAP-Konzentrationen im Wein.

Den von DOLLMANN ET AL. (1996) angedeuteten nicht-enzymatischen Abbau von IES zu AAP griffen CHRISTOPH ET AL. (1998, 1999) wieder auf. Sie entwickelten die Beobachtungen von ABEL (1951), HORNG UND YANG (1975) und YANG UND SALEH (1973) weiter und zeigten die mögliche Bedeutung von schwefliger Säure bei der Umsetzung von IES zu AAP durch radikalische Cooxidation. Bei der Oxidation von Sulfit zu Sulfat werden Superoxid- und Hydroxylradikale gebildet, wobei der Pyrrolring der IES oxidiert wird. Dabei gehen sie nach Abbau von markierter IES zu AAP von zwei verschiedenen Bildungswegen aus. Ein Stoffwechselweg führt in diesem Zusammenhang über Skatol. Einen ähnlichen Stoffwechselweg beschreiben auch BELITZ ET AL. (2008) bei Lebensmitteln. Dabei sehen sie ebenfalls Skatol als Ausgangssubstanz. Ein weiterer Abbauweg von IES verläuft über zweifache Oxidation von IES zu 3-(2-Formylamino-phenyl)-oxopropionsäure, die direkt oder über Formylacetophenon zu AAP führt.

HOENICKE ET AL. (2002 b) zeigten, dass zur Oxidation von IES zu AAP nur Superoxidradikale in der Lage sind. Der Abbauweg über Skatol wird dabei verworfen und gezeigt, wie die Oxidation von IES über 3-(2-Formylamino-phenyl)-oxopropionsäure, und Formylacetophenon zu AAP verläuft.

Auch RAPP UND VERSINI (2002) beschreiben den Weg von IES zu AAP. Daneben wird die Bildung von AAP über das durch Pyrrolringsspaltung aus Tryptophan entstandene Formylkynurenin angenommen. LUCKNER (1969) beschrieb ebenfalls einen Bildungsweg von AAP über Formylkynurenin.

Eine Bildung von AAP aus Formylkynurenin auf chemischem Wege konnte bei den Versuchen von CHRISTOPH ET AL. (1998, 1999) nicht bestätigt werden. Auch Kynurenin konnte

nicht umgesetzt werden. In Modellweinen wurde IES nach Schwefelung und Warmlagerung zu 22 mol% zu AAP umgesetzt. Weiterhin wurden Indolactat zu 1 mol%, Indolpyruvat zu 0,3 mol%, Indol-3-essigsäureethylester zu 0,1 mol% und Tryptophan zu 0,002 mol% in Gegenwart von SO₂ zu Formylacetophenon und AAP umgesetzt. Die Umsatzrate von IES zu AAP in Wein lag dagegen unter vergleichbaren Bedingungen lediglich bei 4 mol%. Mit diesen Arbeiten schien der Nachweis vollbracht, dass IES die Vorstufe von AAP im Wein darstellt. Entscheidend schien dabei die Konzentration an freier IES im Wein zu sein. Zu dieser Zeit lagen jedoch nur wenige Daten über die Konzentrationen an IES in Trauben vor. Einen Überblick über die Verteilung von IES in Pflanzen sowohl in gebundener als auch in freier Form geben BANDURSKI UND SCHULZE (1977). Die Konzentrationen der IES in Trauben lagen nach DÜRING (1977) bei der Sorte Bacchus Ende September bei 35 µg/kg und nahmen während der Reifephase ab. DOLLMANN ET AL. (1997) konnten IES im Traubenmost in Konzentrationen von 20 bis 380 µg/L nachweisen. HOENICKE (1997 zitiert in CHRISTOPH ET AL. 1998) fand in Trauben und Mosten weniger als 10 µg/L IES, während gleichzeitig in Weinen höhere Konzentrationen gefunden wurden.

Aufgrund der Ergebnisse von HOENICKE (1997 zitiert in CHRISTOPH ET AL. 1998) kommen CHRISTOPH ET AL. (1998) zu dem Schluss, dass die nach der Gärung im Jungwein vorliegenden Mengen an freier IES bei einem Umsatz von 1 bis 2 mol% durch die vorgeschlagene radikalische Cooxidation zu AAP-Konzentrationen führen, die ausreichen, um UTA auszulösen. Aufgrund dieser Grundlagen wurde in den folgenden Jahren mehrfach postuliert (SCHWAB ET AL. 1999, MÜLLER 2000, 2004), dass durch Stress im Weinberg mehr IES in gebundener und freier Form in der Traube gebildet wird und diese später im Wein nach der Schwefelung zu AAP reagiert. Klarheit zu dieser Hypothese schafften die Arbeiten von HOENICKE (2002) und LINSSENMEIER (2007). Sie beleuchteten den Einfluss von weinbaulichen Maßnahmen auf die IES-Konzentration. Weiterhin verfolgten sie die Entwicklung während der Gärung.

In beiden Arbeiten konnten im Most nur geringe Konzentrationen an freier IES gefunden werden, während hohe Konzentrationen an gebundener IES zu finden waren. HOENICKE ET AL. (2001 a) quantifizierten in Mosten in Abhängigkeit vom Jahrgang zwischen < 12 µg/L und 135 µg/L gebundene IES nach. Freie IES war in den Mosten nicht nachweisbar (< 3 µg/L). In Jahren mit ausreichend Niederschlag lagen die Werte höher als in trockenen

Jahren. Hohe Erträge, frühe Lese und Entblätterungsmassnahmen führen zu einer Abnahme der IES-Konzentration. Aufgrund von Stickstoffstress konnten keine erhöhten Konzentrationen an freier und gebundener IES gefunden werden (LINSENMEIER ET AL. 2004). Im Gegenteil stieg mit zunehmender Einlagerung von Aminosäuren auch die Konzentration an gebundener IES. Auch KAROGLAN ET AL. (2009) fanden keine Beeinflussung der freien IES durch unterschiedliche N-Düngung.

Zwischen der IES-Konzentration im Most und der AAP-Konzentration oder der UTA-Note im Wein konnte kein Zusammenhang ermittelt werden. (HOENICKE 2002, HOENICKE ET AL. 2001 a, LÖHNERTZ ET AL. 2002, LINSENMEIER 2007, LINSENMEIER ET AL. 2007 b).

Da eine Bildung von AAP durch die Konzentrationen an IES im Most nicht erklärt werden kann, gingen CHRISTOPH ET AL. (1998) von einer möglichen Bildung von AAP-Vorstufen durch die Hefen aus. Eine Bildung von IES durch Hefen wurde beobachtet (TUOMI ET AL., 1995). HOENICKE ET AL. (2001 a) konnten zeigen, dass die Bildung von freier IES im Verlauf der Gärung erfolgt, während die gebundene IES während der Gärung abnimmt. In Mosten aus früher Lese wurde mehr freie IES gebildet und die gebundene nahm weniger stark ab als in Mosten aus später Lese (HOENICKE ET AL. 2001 b, SIMAT ET AL. 2004). Sie vermuteten, dass bei Stress aufgrund eines veränderten Hefemetabolismus vermehrt freie IES während der Gärung gebildet wird. Dieses Ergebnis passte mit der Beobachtung überein, dass Weine aus früher Lese vermehrt UTA zeigten als Weine aus später Lese.

Bei der Vergärung mit *Kloeckera apiculata* und *Metschnikowia pulcherrima* wurden höhere Werte an freier IES gebildet (HOENICKE ET AL. 2001 a). Dies bestätigt das Ergebnis, dass die Hefen *Kloeckera apiculata* und *Metschnikowia pulcherrima* im Vergleich zu *Saccharomyces cerevisiae* höhere Konzentrationen an AAP bildeten (HÜHN ET AL. 1996, SPONHOLZ ET AL. 1997). In der Arbeit von LINSENMEIER (2007) zeigte sich während der Gärung eine Zunahme der freien IES bei gleichzeitiger Abnahme der gesamten IES. Durch Stickstoffmangelstress wurde weder die freie IES noch die gesamte IES signifikant beeinflusst, jedoch konnte mit zunehmender N-Düngung eine leichte Abnahme beider IES-Konzentrationen beobachtet werden.

Weitere Arbeiten, die sich mit IES im Wein beschäftigten, sind von MATTIVI ET AL. (1999), die in italienischen Chardonnay-Weinen bei wenig fruchtbaren Böden mehr IES nachwiesen als auf fruchtbaren Böden und POUR NIKFARDJAM ET AL. (2005), die in Ungarn höhere

IES-Konzentrationen im Most infolge von Gibbelerinbehandlung der Reben feststellten. Insgesamt deuten auch die Arbeiten darauf hin, dass Stress im Weinberg zu mehr IES im Wein führt, welche dann zu AAP umgesetzt werden kann und zu fehlerhaften Weinen führen kann.

Inwieweit es tatsächlich Zusammenhänge zwischen freier IES im Wein und der Ausprägung von UTA oder der Bildung von AAP gibt, zeigen folgende Arbeiten (HOENICKE ET AL. 2002 b, SIMAT ET AL. 2004, LINSSENMEIER ET AL. 2007 b). HOENICKE ET AL. (2002 b) konnten keinen Zusammenhang zwischen der UTA-Intensität in Weinen aus vier Jahrgängen und der Konzentration an freier IES im Wein nach der Gärung herstellen. Dagegen beobachteten SIMAT ET AL. (2004) einen Zusammenhang zwischen freier IES nach der Gärung und AAP im Wein nach der Lagerung. Dabei war die Korrelation mit 30-50 % signifikant und vor allem bei der frühen Lese bestand ein starker Zusammenhang. Jedoch wird in dieser Arbeit angefügt, dass neben freier IES auch andere bisher nicht bekannte Faktoren die Bildung von AAP im Wein beeinflussen. Bei LINSSENMEIER ET AL. (2007 b) fand sich kein Zusammenhang zwischen freier IES im Wein nach der Gärung und AAP im Wein.

Noch bevor die Bildung von AAP aufgeklärt wurde, fiel auf, dass bei Rotwein, Presswein, oder Maischegärung von weißen Sorten kein UTA auftritt (GEBNER ET AL. 1995, KÖHLER ET AL. 1996, SPONHOLZ ET AL. 1997). Höhere Konzentrationen an phenolischen Verbindungen bewirken eine hohe antioxidative Kapazität (RECHNER ET AL. 1997, VIVAS ET AL. 1997). Antioxidantien sind in der Lage, Superoxidradikale abzufangen, wodurch die Spaltung des Pyrrolringes der IES und somit auch die Bildung von AAP verhindert wird (CHRISTOPH ET AL. 1998). Hierin sehen sie einen guten Erklärungsansatz für die Freisetzung von AAP und für die geringere Ausprägung des Fehlers bei Rotweinen durch die antioxidative Kapazität phenolischer Inhaltsstoffe.

Durch Zusatz von Kaffeesäure, Traubenkernen und Trester zu Traubenmost vor der Gärung konnte die Bildung von AAP teilweise gesenkt werden (GEBNER ET AL. 1998 a). Diese Maßnahmen wirkten zwar im Hinblick auf geringe AAP-Konzentrationen, jedoch wurden diese Weine aufgrund der hohen Phenolkonzentration sensorisch negativ beurteilt.

Ein frühzeitiger Zusatz von Ascorbinsäure (150 mg/L) zu gefährdeten Weinen, bei ausreichender Konzentration an freier schwefliger Säure, kann helfen, die Bildung von UTA zu

vermeiden (GEBNER ET AL. 1998 a, b, 1999 a, c, 2000, KÖHLER ET AL. 2001). Allerdings kann Ascorbinsäure weinbauliche Versäumnisse, klimatische Besonderheiten und kellerwirtschaftliche Fehler nicht problemlos ausgleichen. Ferner ist zu beachten, dass bereits im Wein schon vorhandenes AAP durch Ascorbinsäure nicht entfernt bzw. maskiert werden kann. Dabei sollten nicht alle Weine mit Ascorbinsäure behandelt werden, sondern nur solche, die zu UTA neigen (GEBNER 2000). Die Wirksamkeit von Ascorbinsäure konnte durch weitere Arbeiten bestätigt werden (BACH 2005, HÜTHER 2005, SHEFFORD 2001, RAUHUT ET AL. 2006).

Durch Zusatz der Antioxidantien Ascorbinsäure, Phenole, Tocopherol und Glutathion konnten UTA und AAP nur durch Ascorbinsäure vermindert werden (RAUHUT ET AL. 2001, RAUHUT ET AL. 2003). DUBOURDIEU UND LAVIGNE-CRUEGE (2002) wollten zeigen, dass mit Glutathion die Bildung von AAP verringert werden kann. Jedoch zeigten sie dieses Ergebnis nur an einem Wein mit und ohne Zusatz, der nur sehr geringe Konzentrationen an AAP aufwies. Bei Versuchen von RAUHUT ET AL. (2006) zeigte sich keine Wirkung von Glutathion. Glutathion ist nicht in der Lage Superoxidradikale abzufangen (MITTLER 2002).

Aufgrund des positiven Einflusses von Antioxidantien bestand die Überlegung, ob die Bestimmung des Antioxidativen Potentials bei Weinen etwas über die spätere UTA-Neigung aussagen kann. Das antioxidative Potential (angegeben als TEAC-Wert) bei der Sorte Müller-Thurgau liegt in Abhängigkeit vom Klärverfahren zwischen 0,5 und 1,1 mmol/L (POUR NIKFARDJAM ET AL. 2001). Ebenfalls konnte ein Einfluss der Reinzuchtheife auf die Bildung des antioxidativen Potentials im Wein gefunden werden (LÖHNERTZ ET AL. 2000). Nach LÖHNERTZ ET AL. (2000) wurde in einer gestressten Anlage ein TEAC-Wert von 1,5 mmol/L gefunden. In weiteren Arbeiten (STOCKHORST 2002, LÖHNERTZ UND RAUHUT 2003) zeigte sich, dass das Antioxidative Potential (Photochemolumineszenz) des Mostes bei gestressten Anlagen höher war als bei gut versorgten. Dies widersprach der Hypothese, dass gut versorgte Anlagen ein höheres antioxidatives Potential aufweisen und dadurch vor UTA geschützt sind.

Weitere Untersuchungen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen AAP und dem antioxidativen Potential zeigten, dass das antioxidative Potentials im Wein kein ausreichender Parameter war, um die Bildung von AAP im Wein zu erklären (HOENICKE ET AL. 2002 b, LINSSENMEIER 2007). HOENICKE ET AL. (2002) konnten keinen ausreichenden Zusammen-

hang zwischen dem antioxidativen Potential und der UTA-Note im Wein finden. Zwar fanden sie mit hohem antioxidativem Potential kein UTA mehr, doch es gab auch Weine, die bei geringem antioxidativem Potential kein UTA zeigten. Auch LINSSENMEIER (2007) konnte zwischen dem antioxidativen Potential und AAP oder UTA keinen ausreichenden Zusammenhang finden.

Als Ursache für die Bildung von UTA im Wein werden physiologische Störungen der Reben während der Vegetationsperiode angeführt, die durch bestimmte Stressfaktoren ausgelöst werden können (RAPP UND VERSINI 1995; SCHWAB ET AL. 1996, LÖHNERTZ 1996, SPONHOLZ ET AL. 1997). Zu diesen Faktoren zählen z.B. ein Mangel an Stickstoff und Wasser, ein früher Lesezeitpunkt und hohe Erträge. Diskutiert wurde auch die Bedeutung von hohen Temperaturen und UV-B-Strahlung (HÜHN ET AL. 1999 a, SCHULTZ ET AL. 2001).

Durch Beobachtung in der Praxis wurde ein hoher Ertrag als Mitverursacher von UTA angesehen (POHL 1992, LÖHNERTZ 1996, MÜLLER 2002). SCHWAB ET AL. (1996) konnten nach Erhöhung der Augenzahl bei Silvaner mehr UTA finden. Jedoch konnten in Versuchen mit unterschiedlichen Augenzahlen keine unterschiedlichen AAP-Konzentrationen im Wein nachgewiesen werden (RAPP UND VERSINI 1995). Auch der sensorische UTA-Eindruck wurde durch Erhöhung der Augenzahl pro Stock nicht verstärkt (SCHWAB UND PETERNEL 2001 a).

Einen sehr großen Einfluss auf die Bildung von UTA hatte eine frühe Lese (WOHLFARTH 1993, 1994, 1995, MILTENBERGER ET AL. 1993, KÖHLER ET AL. 1995, SCHWAB ET AL. 1996, 1999). Außerdem wurden die Weine aus einer späten Lese aufgrund von mehr Aroma und Körper weniger mit UTA angesprochen (KÖHLER ET AL. 1995, SCHWAB ET AL. 1999).

Für SPONHOLZ ET AL. (1997) ist der Zusammenhang von UTA mit dem Aminosäurestoffwechsel offensichtlich. Da in heißen und besonders in sehr trockenen Jahren die Probleme besonders gravierend sind, scheinen der Wasserstress und die dadurch sehr geringe Aufnahme von Mineralstoffen und die Bildung von Aminosäuren eine nicht zu vernachlässigende Rolle zu spielen. Die von GEBNER ET AL. (1995) gefundenen Korrelationen von UTA mit dem zuckerfreien Extrakt, dem Restextrakt, dem vorhandenen Alkohol, dem Mostgewicht und dem Gesamtstickstoff lässt sich ebenfalls mit Stresssituationen der Rebe erklären. Nach AMANN ET AL. (2001, 2002) führten geringe Stickstoffkonzentrationen im Most

ziemlich sicher zu UTA, während hohe Stickstoffkonzentrationen nicht zwangsläufig zu Weinen ohne UTA führten. Auch LÖHNERTZ (1996) sieht eine geringe Aminosäureeinlagerung als Ursache für UTA.

In einigen Versuchen führte eine N-Düngung zu weniger UTA im Wein (SCHWAB ET AL. 1996, PETERNEL 1998, SEITER 2000). SCHWAB ET AL. (1996) fanden bei der Sorte Müller-Thurgau eine geringfügige Verbesserung bei höherer N-Düngung (100 kg N/ha) im Vergleich zu geringer N-Düngung (0 kg N/ha, 50 kg N/ha). In einem anderen Versuch brachte die Erhöhung der N-Düngung von 50 auf 100 kg N/ha nur selten eine Verbesserung (PETERNEL 1998). SEITER (2000) konnte einen positiven Effekt der N-Düngung feststellen. Nach MÜLLER (1999) konnte bei einem Langzeitdüngungsversuch bei keiner der Varianten UTA festgestellt werden. In mehreren Arbeiten konnte bei der Sorte Riesling aus einem Langzeitdüngungsversuch gezeigt werden, dass mit jährlich steigender Düngung die Konzentration an AAP im Wein zunahm (LINSENMEIER ET AL. 2008, LINSENMEIER UND LÖHNERTZ 2007, LINSENMEIER 2007, LINSENMEIER ET AL. 2007 a). WALG (2003) stellte aus Beobachtungen aus der Praxis fest, dass UTA sowohl bei zu geringer N-Düngung als auch bei hoher Stickstoffversorgung auftreten kann. Die Begründung hierfür liegt darin, dass beides in Kombination mit anderen Stressfaktoren zu unreifem Lesegut führt. Den Zusammenhang zwischen UTA und unreifem Lesegut stellten auch SCHWAB UND PETERNEL (2001 a, b) her.

Aufgrund der Annahme, dass Stickstoff für die Bildung von UTA von Bedeutung ist, spielt auch Trockenheit eine Rolle, da Wasser als Transportmittel für Boden-Stickstoff dient. Die Konzentration an Stickstoff in Trauben liegt in trockenen und warmen Jahren niedriger als in kühleren, feuchteren Jahren (PRIOR 1997, LÖHNERTZ ET AL. 1998). Der Einfluss von Trockenheit auf UTA wird in vielen Arbeiten erwähnt (POHL 1992, RAPP UND VERSINI 1995, LÖHNERTZ 1996, SPONHOLZ ET AL. 1997, MÜLLER 2002, WINTER 2003, HENICKLING 2008, LINSENMEIER ET AL. 2008). Es liegen jedoch nur sehr wenige Arbeiten vor, bei denen tatsächlich die Trockenheit durch Messmethoden erfasst wurde. Lediglich einige Versuche über Zusatzbewässerung liegen vor. Bei Silvaner wurden die bewässerten Varianten höher mit UTA bewertet, obwohl die AAP-Werte nur minimal höher oder tiefer lagen als in der unbewässerten Kontrolle (SCHWAB ET AL. 1996, RAPP ET AL. 1998). Beobachtungen in Oregon haben gezeigt, dass eine Zusatz-Bewässerung zum richtigen Zeitpunkt eine Ausbildung von UTA verhindern kann (MÜLLERS 1996 in SPONHOLZ ET AL. 2001). HE-

NICK-KLING ET AL. (2008) konnten durch Bewässerung die UTA-Note verringern, jedoch wurde in keiner der Varianten Konzentrationen in sensorisch relevanten Bereichen gefunden.

Einen Zusammenhang zwischen jahrgangsbedingter Trockenheit und dem Auftreten von UTA sehen SCHWAB ET AL. (1996). Die starken UTA-Jahrgänge 1983, 1989, 1991 und 1993 wiesen die stärkste negative Wasserbilanz auf. Die Ausprägung des UTA hängt demnach mit einer anhaltenden Trockenheit ($< 30\%$ nutzbare Feldkapazität bei Sandboden) in den Nachblütenmonaten Juni-August zusammen.

RAPP UND VERSINI (2002) sehen den Zusammenhang zwischen Wassermangel und AAP folgendermaßen: Seit Jahren ist ein teilweise extremes Niederschlagsdefizit in den deutschen Weinbaugebieten festzustellen. In vielen Jahrgängen lagen im Bereich der Südlichen Weinstraße (Pfalz) die Niederschläge in den für die Reifeentwicklung der Weinbeeren wichtigen Monaten (Juli, August, September) deutlich unter dem 50-jährigen Mittelwert (1951-2000). Besonders auffallend waren u. a. die Jahrgänge 1977, 1983, 1989, 1991 und 1992. Die von RAPP UND VERSINI (2002) analysierten Weine dieser Jahrgänge zeigten erhöhte AAP Werte ($> 0,7\text{ }\mu\text{g/L}$).

SPONHOLZ ET AL. (1997) konnten ebenfalls einen Zusammenhang zwischen Wassermangel und dem Auftreten von UTA feststellen. Von Bedeutung ist hier die Tatsache, dass bei Riesling verschiedene Aufnahmephasen von Stickstoff zu beobachten sind, von denen zwei von besonderer Bedeutung für die Pflanze sind (LÖHNERTZ 1988). Eine Untersuchung an Rieslingen aus allen deutschen Weinbauregionen der Erntejahre 1980-1993 zeigte, dass UTA bevorzugt dann auftritt, wenn während N-Sink 2 (10 Tage vor bis 10 Tage nach dem Weichwerden der Beere) keine ausreichende Stickstoffaufnahme stattfinden kann. SPONHOLZ ET AL. (1997) konnten zeigen, dass in Weinen dieser Jahrgänge die Konzentration an AAP erhöht war.

LINSENMEIER ET AL. (2008) fanden zwischen dem Bodenwassergehalt und AAP nur einen geringen Zusammenhang von 11% . Dabei lag der Bodenwassergehalt in den Jahren 1994-1999 mit $10\text{--}30\%$ nFK noch deutlich über dem permanenten Welkepunkt. Visuell konnte bei der tiefgründigen Anlage kein Trockenstress festgestellt werden. Jedoch wurde in Betracht gezogen, dass ein Teil des Jahrgangseinflusses auf die Bodenwassergehalte zurückgeführt werden kann.

Da Wassermangel offensichtlich einen wesentlichen Einfluss auf die Ausprägung des UTA hat, sind natürlich auch alle Verfahren im Weinbau in dieser Hinsicht kritisch zu beleuchten. Dazu zählen auch die Bodenbearbeitung und Begrünung, die gegenüber der Rebe eine Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe darstellen kann. Moste aus begrünten Parzellen weisen im Vergleich zu Parzellen mit Bodenbearbeitung geringere Konzentrationen an Stickstoff auf (SPONHOLZ ET AL. 2001, LÖHNERTZ ET AL. 2002). LÖHNERTZ ET AL. (2002) und HÜNNICKE ET AL. (2001) fanden in der begrünten Variante höhere AAP-Werte im Vergleich zur offen gehaltenen Variante. Bei einem Versuch in Baden führte die Variante Mulchen und Bodenbearbeitung zu geringen AAP Konzentration im Vergleich zur Variante Mulchen (SPONHOLZ UND HÜHN 2001, SEITER 2000). Bei Silvaner führte die Begrünung zu einer höheren UTA-Bewertung als offen gehaltener Boden (SCHWAB UND PETERNEL 1997, SCHWAB 1998), während bei einem anderen Versuch kein Einfluss der Begrünung auf UTA gefunden wurde (SCHWAB ET AL 1999; SCHWAB UND PETERNEL 2001 a, b). Keinen eindeutigen Einfluss der Begrünung im Vergleich zur Bodenbearbeitung auf die Bildung von UTA fand auch WOHLFARTH (1994). Auch bei RAPP ET AL. (1998) fand sich bei der Bestimmung von AAP in Weinen kein eindeutiges Ergebnis. Zwischen den Varianten Mulchen und Bodenbearbeitung konnte kein Unterschied festgestellt werden, während eine Strohabdeckung tendenziell zu tieferen UTA-Bewertungen führte (SCHORR 2003).

Neben den genannten Faktoren sind noch weitere Ursachen für die Bildung von UTA denkbar. Eine Vermeidung von UV-Bestrahlung durch Folien führte zu höheren Aminosäurekonzentration (SCHULTZ ET AL. 1998, SCHULTZ ET AL. 2001) und ein Schutz der Pflanze mit Folien oder einem Absorber zu einer höheren Konzentration an Aminosäuren (HÜHN ET AL. 2002) und zur Bildung geringerer Mengen an unerwünschten Aromakomponenten wie AAP, Skatol und Indol (HÜHN ET AL. 1999 b, HÜHN ET AL. 2002, HÜHN ET AL. 2003).

POUR NIKFARDJAM ET AL. POUR NIKFARDJAM ET AL. (2005 a) konnten bei Weinen aus mit Gibberellin behandelten Weinbergen vermehrt UTA feststellen. Dabei fanden sie in den Weinen auch höhere Konzentrationen an IES (POUR NIKFARDJAM ET AL. 2005 b, c) und höhere Konzentrationen an AAP (POUR NIKFARDJAM ET AL. 2005 c). In einer weiteren Arbeit wurden nur zum Teil nach Gibberellinbehandlung höhere AAP-Konzentrationen gefunden. Auffällig hierbei war jedoch, dass auch Rotweine hohe AAP-Konzentrationen zwischen 0,38 und 1,44 µg/L aufwiesen (POUR NIKFARDJAM ET AL. et al. 2006).

Es zeigte sich sehr schnell, dass die Ursachen des Fehltons nicht in der Kellerwirtschaft lagen (JAKOB 1993, POHL 1993,1994) oder durch kellerwirtschaftliche Massnahmen nur geringe Erfolge zur Vermeidung erzielt wurden (WOHLFARTH 1993, KÖHLER ET AL. 1996).

Durch eine Schönung mit großen Mengen Kohle und Bentonit konnte eine Verminderung von AAP festgestellt werden (RAPP ET AL., 1998, RAPP UND VERSINI 2002). Dies zeigten auch KÖHLER ET AL. (1996), die mit Kohlebehandlung und Rückverschnitt einen fehlerfreien Wein erhielten. Jedoch konnten RAPP ET AL. (1998) nachweisen, dass die, durch eine Schönung mit Kohle abgenommene AAP-Konzentration, durch eine warme Lagerung des Weines wieder zunehmen konnte. Außerdem entfernte Kohle neben unerwünschten, auch positive Aromastoffe, wodurch das UTA-Aroma durch Demaskierung noch verstärkt auftreten konnte (KETTERN 2000). Eine Behandlung mit Mostgelatine und anschließende Hochkurzzeiterhitzung führte zu geringer ausgeprägten UTA-Noten (WOHLFARTH 1993, 1994). Auch KÖHLER ET AL. (1996) fanden einen positiven Einfluss der Hochkurzerhitzung, wobei die Weine dadurch nicht generell fehlerfrei blieben.

Unterschiedliche Standzeiten des Lesegutes führen nicht zu geringeren Konzentrationen an AAP (RAPP UND VERSINI 1995, WOHLFARTH 1993, 1994). Einen positiven Einfluss der Maischestandzeit fand BACH (2005). Auch ein längeres Auspressen der Trauben konnte UTA reduzieren (KREBS ET AL. 2010).

SPONHOLZ ET AL. (2001) zeigte den Zusammenhang zwischen Stickstoff im Most und der Bildung von AAP. Dabei führte eine geringe Konzentration an hefeverwertbarem Stickstoff zu hohen AAP-Konzentrationen. Durch Zusatz von Gärsalzen (Diammoniumhydrogenphosphat) zum Most ist keine Verminderung von UTA zu erzielen (KÖHLER ET AL. 1996, RAPP UND VERSINI 2002). KÖHLER ET AL. (2008) wiesen darauf hin, dass ein zu hoher Einsatz von Gärhilfsstoffen zu UTA führen kann. RAUHUT ET AL. (2003) konnten mit Zusatz von Diammoniumhydrogenphosphat bei zwei Reinzuchthefen eine Reduktion von AAP bewirken. Durch einen Zusatz der Aminosäure Arginin konnte die Konzentration an AAP und teilweise auch Skatol und Indol gesenkt werden (HÜHN ET AL. 2002, CUPERUS 2002, HÜHN ET AL. 2003). Auch der Zusatz von Thiamin reduzierte die Bildung von AAP (HÜHN ET AL. 1996).

Eine kontrollierte Vergärung bei niedrigen Temperaturen wirkt ebenfalls der Ausbildung von UTA entgegen (KÖHLER ET AL. 1996). Dieser Effekt liegt jedoch nicht an der geringe-

ren AAP-Bildung, sondern an der Bildung von positiven Aromen, die in der Lage sind, AAP zu überdecken. Durch die Verwendung bestimmter Trockenreinzuchthefen, welche verstärkt fruchtige Aromen bilden, kann das Auftreten von UTA zwar verzögert, aber nicht vollständig verhindert werden (KÖHLER ET AL. 1996). Den Autoren zufolge kann durch bestimmte Hefen der Spontanflora (*Kloeckera apiculata*, *Metschnikowia pulcherrima*) vermehrt AAP gebildet werden (HÜHN ET AL. 1996, SPONHOLZ ET AL. 1997). Bei weiteren Versuchen mit Zusatz von IES zu Most wurde mit *Kloeckera apiculata* und *Metschnikowia pulcherrima* mehr AAP gebildet als mit *Saccharomyces cerevisiae* (HÜHN ET AL. 1999 a). RAUHUT ET AL. (2003) konnten bei zwei unterschiedlichen Hefen unterschiedliche Konzentrationen an AAP finden. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Hefewahl AAP nicht so stark beeinflusst werden kann wie mit dem Einsatz von Ascorbinsäure. Die AAP-Bildung wird durch höhere Lagertemperaturen beschleunigt. Temperaturen unter 10° C verminderten die Konzentration an AAP, verhinderten die Bildung von AAP aber nicht völlig (HOENICKE 2002). Die einzig momentane kellerwirtschaftliche Lösung ist der Zusatz von Ascorbinsäure (max. 250 mg/L) zu Wein nach der Gärung zusammen mit der SO₂ Gabe, oder kurz nach der SO₂ Gabe (siehe Seite 8).

2 Hypothesen

In dieser Arbeit soll die Frage beantwortet werden, ob eine Zunahme an abiotischem Stress (Trockenheit, N-Mangel und erhöhte Strahlung) die Bildung von AAP im Wein fördert.

Geklärt werden soll auch der Zusammenhang zwischen der Bildung von AAP, der Konzentration an Indolelessigsäure und dem Einfluss des antioxidativen Potentials im Wein.

Die Bildung von AAP in *Vitis labruscana* ist bekannt (ACREE ET AL. 1990). Jedoch nicht untersucht wurde die Bildung von AAP während des Ausbaus von *Vitis labruscana*-Weinen und ob dieser Verlauf identisch ist mit der Bildung von AAP in Weinen aus *Vitis vinifera*.

Eine weitere Hypothese soll überprüft werden, inwieweit abiotischer Stress zu sensorisch UTA-ähnlichen Fehltönen führt, die allerdings nicht auf AAP basieren.

Hypothese 1: Die Zunahme von abiotischem Stress führt zu erhöhten AAP-Konzentrationen.

Hypothese 2: Eine erhöhte Konzentration an Indolelessigsäure und ein sinkendes antioxidatives Potential im Wein führen zu einem Anstieg an AAP.

Hypothese 3: Die Bildung von 2-Aminoacetophenon verläuft bei *Vitis labruscana* und *Vitis vinifera* identisch.

Hypothese 4: Die Zunahme von abiotischem Stress führt zu UTA-ähnlichen Fehltönen.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsaufbau und Versuchsflächen

3.1.1 Gefäßversuch im Freiland

Im Jahr 2005 wurde ein Gefäßversuch mit 570 Großcontainern (240 Liter Volumen), die in der Erde vergraben wurden, angelegt. Der dabei ausgehobene Boden wurde anschließend wieder in die Gefäße eingefüllt, wobei die Schichtung von Ober- und Unterboden beibehalten wurde. Gepflanzt wurden die Sorten Müller-Thurgau (*Vitis vinifera*) und Niagara (*Vitis labruscana*). Die Sorte Niagara wurde gewählt, da sie schon in der Traube die für das UTA-Aroma verantwortliche Substanz AAP bildet (SHURE UND ACREE 1994). Die beiden Rebsorten Müller-Thurgau Klon N 50 und Niagara wurden auf der Unterlage SO4 veredelt. Die Erziehungsform war eine Drahtrahmenanlage mit Spaliererziehung und Pendelbogen. Das Anschnittniveau betrug 6 Augen/Stock. Die Zeilung verlief in Ost-West Richtung. Der Boden war ein sandiger Lehm mit einer Wasserhaltekapazität von 190 mm. Der pH-Wert des Bodens betrug 7,5 bei einem Humusgehalt von 1,3% (Tab. 3-1).


Tabelle 3-1: Bodenkenndaten der Versuchsfläche (Gefäßversuch).

Art	lehmiger Sand		
Körnungsanalyse	Sand	%	49,8
	Schluff	%	34,8
	Ton	%	15,4
Dichte		g/cm ³	1,4
Wasserhaushalt	pF 4,2	Vol-%	7
	pF 1,8	Vol-%	26
	pF 2,5	Vol-%	21
	max. nutzbare Wasserkapazität	mm	190
chem. Kenndaten	pH (CaCl ₂)		7,5
	C	%	0,78
	N	%	0,05
	C/N-Verhältnis		16,8
CAL-Extraktion	P	mg/100g	20
CAL-Extraktion	K	mg/100g	12
CaCl ₂ -Extraktion	Mg	mg/100g	10

Bei diesem Gefäßversuch wurden in den Jahren 2006-2008 die UTA-verursachenden Punkte betrachtet:

1. Stickstoffversorgung (N1 (25 kg N/ha und Jahr) und N2 (75 kg N/ha und Jahr)).
2. Wasserhaushalt (feucht, feucht-trocken, trocken, trocken-feucht).
3. Einfluss der Strahlung (UV-B-Erhöhung, UV-B-Verringerung, Beschattung).

Die Aufteilung des Versuchsfeldes ist in Abb. 3-1 dargestellt. Bei der Sorte Müller-Thurgau beinhaltet eine Variante 40 Großcontainer mit je 4 Wiederholungen. Bei der Sorte Niagara beinhaltet eine Variante 30 Großcontainer mit je 3 Wiederholungen.


Nord

Niagara			Müller-Thurgau								Gefäß Reihe
91-95	86-90	81-85	71-80	61-70	51-60	41-50	31-40	21-30	11-20	1-10	
N1 feucht, UV-B erhöht			N1 feucht, Netz (Beschattung)				N1 feucht, UV-B erhöht (UV-B erhöht)				1
N1 feucht, UV-B erhöht			N1 feucht-trocken				N1 feucht				2
N1 feucht			N1 feucht, Kontrollfolie (UV-B Kontrolle)				N1 feucht, UV-B-Folie (UV-B reduziert)				3
N1 feucht			N2 feucht				N2 feucht-trocken				4
N1 trocken			N2 trocken-feucht				N2 trocken				5
N1 trocken			N1 trocken-feucht				N1 trocken				6

Abbildung 3-1: Einteilung des Versuchsfeldes des Gefäßversuchs im Freiland

Bewässerung

Die Variante „feucht“ wurde bei 21 Vol-% Wasser (ca. 70-75 % nutzbare Wasserkapazität) gehalten. Die Bewässerung der trockenen Variante wurde auf 14-16 Vol-% (35–45 % nutzbare Wasserkapazität) eingestellt. Der Beginn der Differenzierung erfolgte nach der Blüte (5.7.2006, 11.6.2007, 20.6.2008). Der Wechsel von trocken auf feucht und von feucht auf trocken erfolgte bei Reifebeginn der Trauben (07.08.2006; 20.07.2007, 25.07.2008).



Abbildung 3-2: Bewässerung der Großcontainer über Tröpfchenbewässerung.

Mit einer Tröpfchenbewässerung (Firma Netafim, Frankfurt Nieder-Erlenbach, Deutschland) war es möglich, jeden Großcontainer einzeln zu bewässern. Die Tropfer hatten eine Abgabe von 1,6 L/h. Dadurch war es möglich, die Varianten gezielt zu bewässern. Der Wassergehalt im Boden wurde mit einem kapazitiven Bodenfeuchtemeßsystem Sentek Diviner 2000 (Sentek sensor technologies, South Australia; Agro-Sat, Baasdorf) in 60 Großgefäßen verfolgt. Zur Messung der Bodenfeuchte wird der Sensor in das im Boden fest installierte Plastikrohr eingeführt und nach zwei bis drei Sekunden wieder herausgezogen. Ein um den Sensor erzeugtes hochfrequentes, elektrisches Feld breitet sich durch das Plastikrohr in den umgebenden Boden aus und misst Frequenzwerte (SF), die in Bodenfeuchtwerte umgerechnet werden können.

Die Berechnung des Wassergehaltes mit der vorgegebenen Funktion: $\text{Vol-\%} = (\text{SF}/0,2746)^{(1/0,3314)}$ erbrachte zu geringe Bodenwassergehalte. Aus diesem Grund wurde eine eigene Funktion erstellt. Dazu wurde aus verschiedenen Gefäßen Bodenproben (0-30; 30-60; 60-90 cm) gezogen, und mit diesen gravimetrisch der Wassergehalt bestimmt. Gleichzeitig wurden mit dem Sentek Diviner die Frequenzwerte ermittelt. Aus diesen beiden Werten konnte die neue Funktion berechnet werden.

$$\text{Vol-\%} = (\text{SF}/0,2735)^{(1/0,3222)}.$$

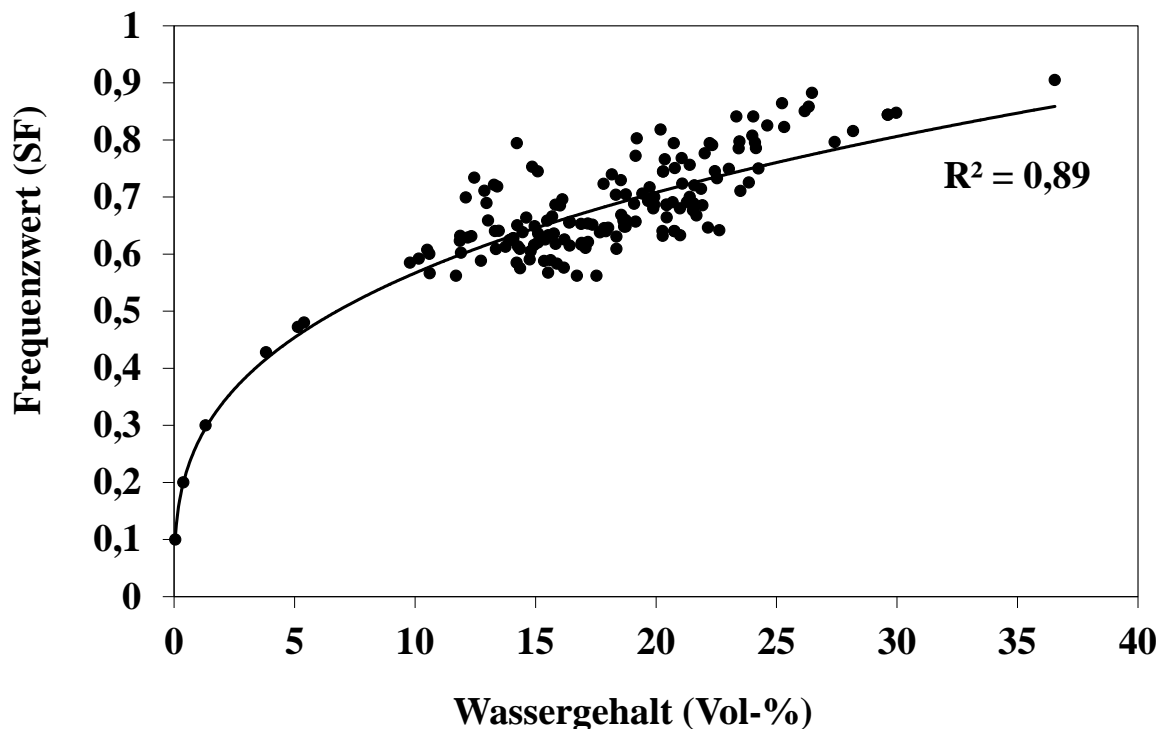


Abbildung 3-3: Kalibrierung des Sentek Diviners durch Bestimmung des Wassergehaltes mit Bodenproben aus den Gefäßen bei gleichzeitiger Bestimmung der Frequenzwerte.

Düngung

Die Düngungsstufe N2 wurde mit 4,8 g N/Großcontainer (50 kg N/ha und Jahr; Calcinit. Firma Yara, Deutschland, 15,5% N: 14,4% N Nitratstickstoff; 1,1% N Ammoniumstickstoff) aufgedüngt. Dabei erfolgte die Düngergabe durch Fertigation in zwei Gaben nach der Blüte (22.6.2006, 13.6.2007, 17.6.2008) und vor dem Weichwerden (28.7.2006, 29.6.2007, 18.7.2008) der Trauben. Nach der Blüte (28.6.2006, 7.6.2007, 11.6.2008) erfolgte bei allen Varianten eine Düngung mit 2,4 g N/Großcontainer (25 kg N/ha und Jahr; Flory 8; Firma

Euflor, Deutschland, 20% N: 8,4% N Nitratstickstoff, 11,6% N Ammoniumstickstoff; 16% Kalium, 1,5% Magnesium) bei allen Gefäßen.

Verringerung der pflanzenverfügbaren Strahlung

Bei dieser Variante wurde die komplette Laubwand mit einem Schattierungsnetz aus Polyethylen (Firma Meyer, Rellingen) beschattet. Es wurde eine Verringerung der Strahlung um ca. 20% angestrebt. Die Schattierung war in folgenden Zeiträumen angebracht: 7.7.2006-18.9.2006; 6.6.2007-4.9.2007; 11.6.2008-15.9.2008.

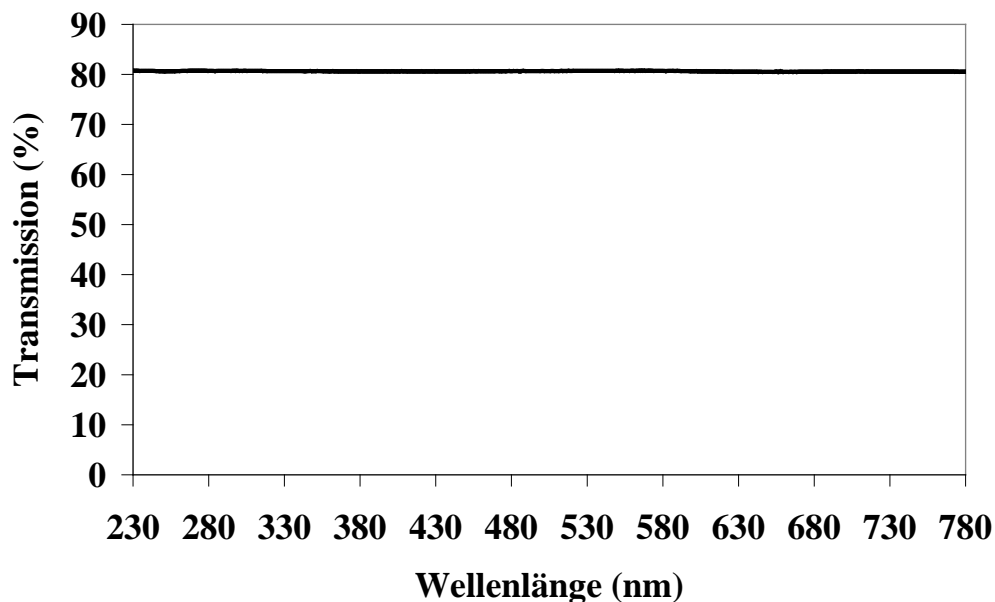


Abbildung 3-4: Beschattung der Laubwand durch ein Netz. Die Messung des Transmissionsspektrums des Netzes erfolgte mit dem Photometer.

Verringerung der UV-B-Strahlung

Bei der Verminderung der UV-B-Strahlung durch Folien ist es notwendig, eine Kontrollvariante mit einer Folie, die sowohl pflanzenverfügbares Licht als auch UV-Licht durchlässt, anzubringen, um klimatische Veränderungen hinter der Folie zu berücksichtigen.

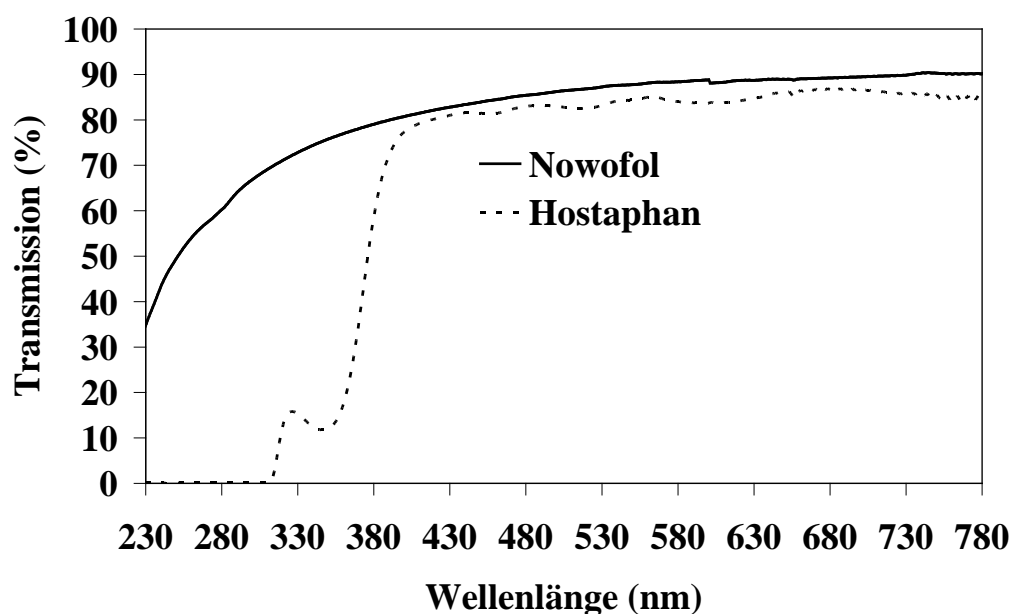


Abbildung 3-5: Verringerung der UV-Strahlung durch Folien. Transmissionsspektrum der Folien. Die Messung des Transmissionsspektrums erfolgte mit dem Photometer. Nowofol ist die Bezeichnung für die Kontrollfolie und Hostaphan reduziert die Strahlung im UV-A- und UV-B-Bereich.

Zur Reduktion der UV-B-Strahlung wurde die Polyesterfolie Hostaphan GUV 50 / 0,05 mm (Pütz Folien: Taunusstein-Wehen, Deutschland) verwendet. Als Kontrollfolie diente eine Nowoflon ET-Folie (Fluorkunststoff-Folie aus dem Rohstoff ETFE (Co-Polymer aus Ethylen und Tetrafluorethylen) 0,05 mm dick (Nowofol: Siegsdorf, Deutschland). Die Folien wurden in Klemmprofile (Länge: 250 cm, Höhe: 50 cm, Firma Meyer, Rellingen, Deutschland) eingespannt. Der Abstand vom Boden bis zum unteren Teil der Folie betrug 80 cm, damit sich die Folien vor der Traubenzone befanden. Die Gestelle wie in Abb. 3-5 zu sehen wurden in Röhren, die im Boden versenkt wurden, gestellt. Die Folien waren vom 28.6.2006-18.9.2006; 6.6.2007-4.9.2007; 12.6.2008-15.9.2008 aufgebaut.

Erhöhung der UV-B-Strahlung

Die Erhöhung der UV-B-Strahlung wurde mit UV-Röhren (Philips TL 40 W/12) durchgeführt. Es wurde eine Erhöhung der UV-B-Strahlung um ca. 20% angestrebt. Vor den Lampen wurde eine Cellulose-Diacetat-Folie angebracht (Di-Acetat N 50 / 0,05 mm, Pütz-Folien: Taunusstein-Wehen, Deutschland). Cellulose-Diacetat-Folien wurden bei sehr vielen UV-Versuchen verwendet (MCLEOD 1997). Die Anbringung der Folie erfolgte im Jahr 2006 wie in Abb. 3-6 (A) gezeigt, während sie 2007 und 2008 mit einem Klemmprofil (Firma Meyer, Rellingen, Deutschland) direkt vor den Lampen angebracht wurde. Die Folien mussten alle 2 Wochen gewechselt werden, da sie spröde und rissig wurden. Außerdem veränderte sich die Durchlässigkeit der Folie in dieser Zeit (BURCHARD 2001) (Abb. 3-6).

Der Abstand der Lampen zur Laubwand betrug 100 cm. Bei der Sorte Müller-Thurgau wurden bei 40 Stöcken 16 Lampen angebracht, bei der Sorte Niagara bei 30 Stöcken 12 Lampen. Die Lampenlänge betrug 120 cm. Zwischen den Lampen war ein Abstand von 30 cm. Die Strahlungsstärke wurde mit einem UV-B-Sensor (Skye, SKU 430 UV-B-Sensor, Bandbreite 280-315 nm) bei Dunkelheit an verschiedenen Stellen in der Laubwand bestimmt. Aus den Einzelwerten wurde ein Durchschnitt errechnet. Die Bestrahlungsstärke der Lampen lag im Schnitt bei $0,14 \text{ W/m}^2$. Die Erhöhung lag 2006 bei 65 Wh/m^2 bei einer Belichtung vom 12.07-17.09.2006 und einer Beleuchtungsdauer von 3-11 h/Tag. Im Jahr 2007 wurden 103 Wh/m^2 zwischen dem 14.06-03.09.2007 mit einer Dauer von 3-10 h/Tag zusätzlich beleuchtet. Die Bestrahlung im Jahr 2008 erfolgte mit 120 Wh/m^2 vom 12.06-14.09.2008 mit einer Dauer von 0-10 h/Tag. Dies entspricht 2006 einer Erhöhung um 18%,

2007 einer Erhöhung um 25% und 2008 einer Erhöhung um 26% der natürlichen UV-B-Strahlung gemessen in 2 Metern über Grund während des Bestrahlungszeitraums. Die theoretische und die tatsächlich durchgeführte Erhöhung pro Tag der UV-B-Strahlung in den drei Versuchsjahren werden in Abb. 3-7 aufgeführt.

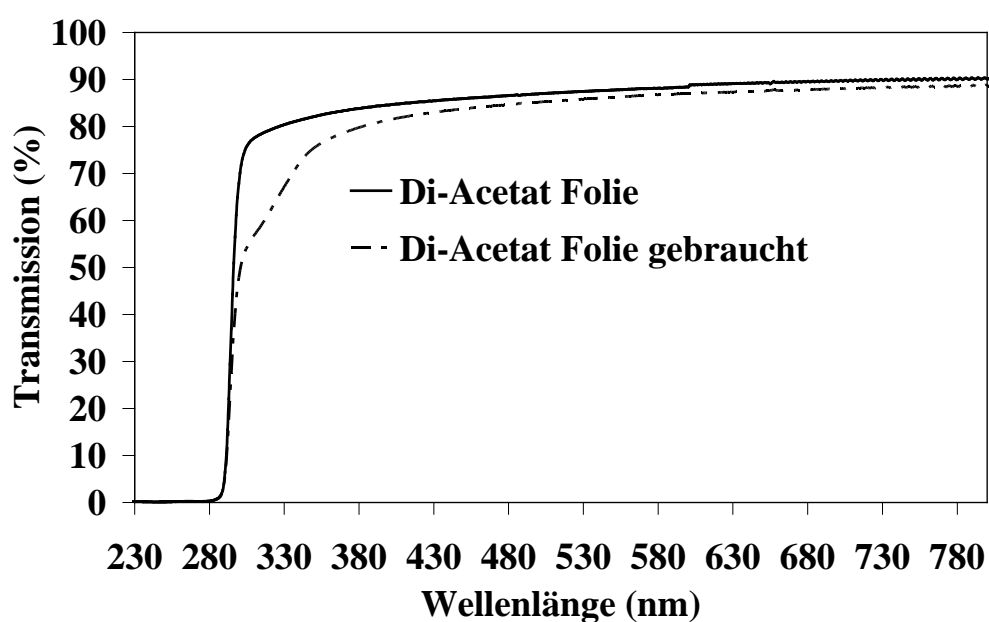


Abbildung 3-6: Erhöhung der UV-Strahlung durch UV-B-Lampen. Transmissionsspektrum der neuen und gebrauchten Di-Acetate-Folie.

Um die Bestrahlungsstärke genau zu ermitteln, hätte eine Messung mit einem Spektroradiometer durchgeführt werden müssen und mit der Wichtungsfunktion nach CALDWELL ET AL. (1971) auf UV-B_{BE} (biologisch effektive UV-B Strahlung) umgerechnet werden müssen. Diese Funktion normalisiert die UV-B-Strahlung auf eine Wellenlänge von 300 nm. Für die Beurteilung von UV-Effekten auf Pflanzen hat sich dieses generalisierte Pflanzenaktionsspektrum durchgesetzt. Dieses Wirkungsspektrum nach CALDWELL ET AL. (1971) geht bis 313 nm. Eine neuere Publikation von FLINT UND CALDWELL (2003) zeigt eine Wichtungsfunktion, die sich bis in den UV-A-Bereich erstreckt.

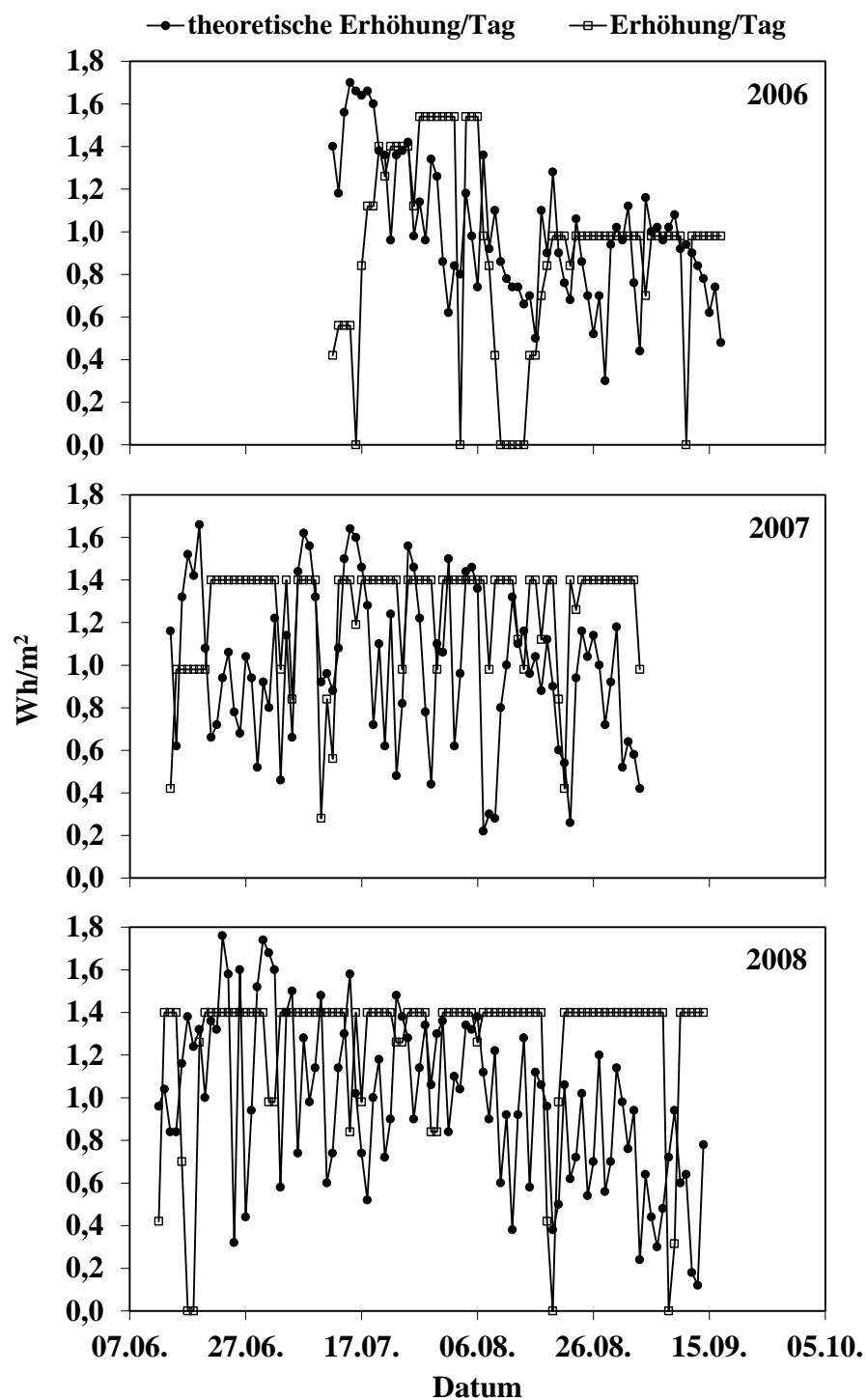


Abbildung 3-7: Theoretische Erhöhung der UV-B-Strahlung (berechnet aus den tägliche UV-B-Werten bei einer theoretischen Erhöhung von 20 %) und die tatsächliche Erhöhung der UV-B-Strahlung pro Tag.

3.1.2 Freilandversuch

Stressanlage

Es handelte sich um eine mit Riesling bepflanzte Anlage in Geisenheim, Rheingau. Die Zeilenbreite und Stockabstand betrugen 2,0 m x 1,3 m. Die Erziehungsform war eine Drahtrahmenanlage mit Spaliererziehung und Pendelbogen. Das Anschnittniveau betrug 6 Augen/m². Die Anlage ist Ost-West gezeilt, 0,26 ha groß und dauerbegrünt. Die Begrünung wurde nicht aufgebrochen, es wird ausschließlich gemulcht. Eine Behandlung der Unterstockzone erfolgte zweimal im Jahr mit Herbizid (Roundup®). Das Rebholz wurde gehäckselt. Die Anlage wurde seit 20 Jahren nicht mehr gedüngt.

Tabelle 3-2: Bodenkenndaten der Stressanlage (Freilandversuch).

Art	sandig-lehmiger Schluff		
Körnungsanalyse	Sand	%	29
	Schluff	%	56
	Ton	%	15
Wasserhaushalt	pF 4,2	Vol-%	9
	pF 1,8	Vol-%	29
	max. nFK	mm	200
chem. Kenndaten	pH (CaCl ₂)		7,2
	C	%	1,21
	N	%	0,07
	C/N-Verhältnis		17,0
CAL-Extraktion	P	mg/100g	14
CAL-Extraktion	K	mg/100g	20
CaCl ₂ -Extraktion	Mg	mg/100g	13

3.2 Witterungsverhältnisse

Auf eine lange Frostperiode (Januar bis März) folgte 2005 ein warmes Frühjahr mit Niederschlägen in durchschnittlicher Höhe. Von Frühjahr bis Frühsommer lag ein hoher Befallsdruck der Reben durch den Falschen Mehltau (*Plasmopara viticula*) vor. In dem niederschlagsarmen Sommer herrschten hohe Temperaturen vor. Die erste Herbsthälfte zeichnete sich durch eine hohe Anzahl Sonnenscheinstunden aus. Ein Befall mit Traubenfäulnis

stellte sich erst spät bei einem hohen Aufkommen von frühmorgendlichem Nebel in der zweiten Septemberhälfte und nach einem Niederschlagsereignis Ende September ein.

Nachdem die Temperaturen im März 2006 unter dem langjährigen Mittel waren, lag ein niederschlagsfreier Juli mit hohen Temperaturen vor. Die Monate Juni und Juli hatten hohe Sonnenscheinstunden und die Strahlungswerte waren deutlich über dem langjährigen Mittel. Der darauf folgende August war niederschlagsreich und im Vergleich zum langjährigen Temperaturmittel kühler. Zwischen dem 30. September und dem 7. Oktober 2006 wurden über 80 mm Niederschlag verzeichnet. Diese starken Niederschläge waren Ursache für ein hohes Aufkommen an Traubenfäulnis (*Botrytis cinerea*) und dadurch bedingt eine frühe Lese.

Temperaturen im Februar, April und Mai 2007, die über dem langjährigen Mittel lagen, führten zu einem um 14 Tage verfrühten Austrieb Mitte April und einem ebenfalls verfrühten Blütetermin Ende Mai bis Anfang Juni. Die niedrigen Temperaturen und hohen Niederschläge Ende Mai und Anfang August glichen den zuvor beschriebenen Vorsprung im phänologischen Stadium der Reben wieder etwas aus. Ein für die Traubenlese ausreichendes Mostgewicht wurde bereits Ende September und somit ein bis zwei Wochen vor dem langjährigen Durchschnitt erreicht.

Aufgrund der im Durchschnitt kühleren Temperaturen im März und April 2008 lag der Austrieb Ende April. Aufgrund der warmen Temperaturen im Mai war der Zeitraum bis zur Blüte geringer als normal. Die Durchschnittstemperatur und die Niederschläge im Sommer bewegten sich im langjährigen Mittel. Mitte September sanken die Temperaturen deutlich ab, was die Reifeentwicklung der Trauben verzögerte. Die Sonnenscheinstunden lagen im August und September deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt.

Tabelle 3-3: Witterungsdaten: Lufttemperatur (Monatsmittel), Niederschlag und Sonnenscheinstunden (Monatssumme) der Wetterstation Geisenheim der Jahre 2005-2008 und im langjährigen Mittel (1971-2000). Quelle: Deutscher Wetterdienst, Geisenheim.

	Lufttemperatur (°C)				
	2005	2006	2007	2008	1971-2000
Jan	3,3	-0,4	6,5	4,9	1,7
Feb	0,8	1,8	5,8	4,6	2,5
Mrz	6,6	3,9	7,7	6,1	6,3
April	11,1	9,9	14,2	9,1	9,5
Mai	14,5	15,1	16,0	17,4	14,2
Jun	19,0	18,8	19,0	18,7	17,0
Jul	20,2	24,6	18,4	19,4	19,1
Aug	17,4	16,6	18,2	18,7	18,8
Sep	16,9	18,1	13,9	13,6	14,7
Okt	12,3	13,3	10,4	9,8	9,9
Nov	5,9	8,3	5,4	6,6	5,2
Dez	2,4	5,0	2,4	2,1	3,0
Jahreswerte	10,9	11,3	11,5	10,9	10,2
%	107	111	113	107	
Veg.periode	15,9	16,6	15,7	15,2	14,7

	Summe Niederschlag (mm)				
	2005	2006	2007	2008	1971-2000
Jan	32,8	23,5	27,6	35,5	37,0
Feb	35,7	25,4	59,1	41,8	31,7
Mrz	38,5	55,7	60,8	61,1	35,5
April	61,3	31,0	0,3	34,2	35,0
Mai	51,8	56,7	62,8	38,0	48,1
Jun	33,5	16,1	48,4	78,7	52,8
Jul	43,5	15,4	74,7	63,7	59,3
Aug	41,7	99,3	41,9	56,4	43,3
Sep	38,3	58,1	39,3	26,7	42,7
Okt	35,0	60,9	6,3	41,7	47,1
Nov	30,9	25,1	46,4	23,7	45,4
Dez	31,0	26,0	41,8	33,7	48,4
Jahreswerte	474,0	493,2	509,4	535,2	526,3
%	90	94	97	102	
Veg.periode	305,1	337,5	273,7	339,4	328,3

	Summe Sonnenscheinstunden (Std.)				
	2005	2006	2007	2008	1971-2000
Jan	83,3	68,3	40,0	36,5	43,5
Feb	69,7	41,8	62,5	142,4	77,1
Mrz	131,4	119,7	170,0	90,0	119,8
April	193,2	157,7	317,4	108,2	171,7
Mai	222,2	193,5	178,9	235,6	209,4
Jun	249,5	277,4	182,4	233,4	200,1
Jul	220,2	317,0	211,4	214,1	225,8
Aug	203,4	123,2	205,9	174,5	219,8
Sep	212,9	199,5	153,3	120,9	151,0
Okt	124,9	115,9	139,4	73,0	94,0
Nov	69,4	54,4	36,8	43,7	52,0
Dez	50,1	43,1	51,5	52,7	38,7
Jahreswerte	1830,2	1711,5	1749,5	1525,0	1602,9
%	114	107	109	95	
Veg.periode	1426,3	1384,2	1388,7	1159,7	1271,8

Tabelle 3-4: Witterungsdaten: Globalstrahlung und UV-B-Strahlung (Monatssumme) der Wetterstation Geisenheim der Jahre 2005-2008 und im langjährigen Mittel (1981-2000; 2000-2005). Quelle: Deutscher Wetterdienst, Geisenheim.

	Globalstrahlung (kWh/m ²)				
	2005	2006	2007	2008	1981-2000
Jan	29	27	24	24	21
Feb	42	34	37	56	40
Mrz	84	82	93	77	76
April	129	122	175	104	117
Mai	166	150	148	176	154
Jun	183	196	155	180	158
Jul	165	204	162	169	161
Aug	138	119	140	136	143
Sep	115	114	95	88	92
Okt	59	63	70	53	52
Nov	31	29	26	30	25
Dez	20	21	20	21	17
Jahreswerte	1160	1160	1145	1113	1056
%	110	110	108	105	
Veg.periode	955	967	945	905	876

	UV-B (Wh/m ²)				
	2005	2006	2007	2008	2000-2005
Jan	20	17	16	9	18
Feb	33	26	27	34	34
Mrz	71	72	73	60	69
April	110	114	151	90	112
Mai	163	152	147	163	157
Jun	191	208	161	170	174
Jul	170	217	171	175	163
Aug	138	131	142	141	157
Sep	103	113	90	82	102
Okt	49	55	57	40	50
Nov	21	21	22	15	22
Dez	11	11	9	6	13
Jahreswerte	1080	1137	1066	986	1072
%	101	106	99	92	
Veg.periode	924	990	919	862	916

3.3 Phänologische Daten

Tabelle 3-5: Phänologische Daten in den Jahren 2006-2008 im Gefäßversuch Müller-Thurgau.

	2006	2007	2008	Mittel (1971-2000)*
Austrieb	29.4.	10.4.	27.4.	29.4.
Blüte	18.6.	27.5.	7.6.	22.6.
Erbsengröße	10.7.	18.6.	2.7.	
Reifebeginn	5.8.	22.7.	1.8.	25.8.
60° Oechsle	4.9.	20.8.	27.8.	
Lese Müller-Thurgau	19./20.9.	4./ 5./ 6.9.	16./17.9.	
Lese Niagara	27.9.	11.9.	18.9.	

*Sorte: Riesling

Tabelle 3-6: Phänologische Daten in den Jahren 2005-2007 im Freilandversuch.

	2005		2006	2007		Mittel (1971-2000)*
Austrieb	21.4.		30.4.	14.4.		29.4.
Blüte	22.6.		26.6.	12.6.		22.6.
Reifebeginn	5.9.		17.8.	8.8.		25.8.
	früh	spät		früh	mittel	spät
Lese	28.9.	18.10.	17.10.	18.9.	4.10.	23.10.

*Sorte: Riesling

3.4 Ausbau der Weine

3.4.1 Gefäßversuch

Die Trauben wurden von Hand gelesen, abgebeert und mit einer Schlauchpresse (WP 100; Willmes, Lorsch) gepresst. Dabei wurden zwei Feldwiederholungen (je 10 Stock pro Wiederholung) miteinander vereint und nach dem Pressen wurde der Most zur Vergärung wieder auf zwei Gärgebinde aufgeteilt. Somit lagen ab dem Pressen nur noch zwei Feldwiederholungen und sowie zwei Gärwiederholungen vor.

Die Mostvorklärung erfolgte durch statisches Absetzen. Bei der Sorte Niagara wurde ein Klärenzym (Trenolin DF 4000, Erbslöh, Geisenheim) zugesetzt. Vergoren wurde mit der Hefe Lalvin EC 1118 (*Saccharomyces bayanus*, Lallemant) bei 20°-24° C in 10 Liter Glasballons (2006) und 2007 und 2008 in 25 L Glasballons. Der Hefeeinsatz betrug 25 g/hl. Die Lagerung nach der Gärung erfolgte 2006 in Glasballons in den Jahren 2007 und 2008 in Kegfässern, die mit Stickstoff überlagert wurden. Dabei wurde der Wein nach der Gärung von der Hefe abgezogen und mit 100 mg/L SO₂ geschwefelt. Die Füllung der Weine erfolgte im Januar des auf die Ernte folgenden Jahres in Schraubverschlussflaschen. Dabei wurden die Weine mit EK-Schichten (Entkeimungsfiltration) filtriert. Die Flaschenweine lagerten bei 14° C.

Gärversuch bei Niagara

Im Jahr 2007 wurde bei einem Niagara-Most eine zusätzlich Vergärung mit zwei unterschiedlichen Hefen durchgeführt, um den Anstieg an AAP während der Gärung zu verfolgen. Vergoren wurde mit den Hefen Uvaferm CM (*Saccharomyces cerevisiae*, Lallemant) und Lalvin EC 1118 (*Saccharomyces cerevisiae bayanus*, Lallemant). Es wurden 25 g/hl Reinzuchthefer eingesetzt.

3.4.2 Freilandversuch

Die Trauben des Freilandversuchs wurden zu unterschiedlichen Lesezeitpunkten (Tab. 3-6) gelesen. Im Jahr 2005 waren es zwei Lesetermine, während im Jahr 2007 zu drei Terminen gelesen wurde. Es wurde von Hand gelesen und die Erntemenge betrug pro Termin ca. 500 kg. Pro Lesetermin wurden die Trauben mit einer Schlauchpresse (Europress) im Fachgebiet Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim gekeltert.

Die weitere Verarbeitung des Mostes erfolgte wie beim Gefäßversuch (3.4.1). Vergoren wurde mit den Hefen Uvaferm CM (*Saccharomyces cerevisiae*, Lallemant) im Jahr 2005 und mit Lalvin EC 1118 (*Saccharomyces cerevisiae bayanus*, Lallemant) im Jahr 2007. Der Hefeeinsatz betrug 25 g/hl. Der weitere Weinausbau erfolgte wie oben beschrieben.

3.5 Probennahme und Probenlagerung

3.5.1 Gefäßversuch

Beerenproben

Beerenproben wurden zu drei Zeitpunkten gezogen (50° Oe (22.8.2006, 30.7.2007, 18.8.2008), 60° Oe (4.9.2006, 13.8.2007, 2.9.2008), bei der Lese (19.9.2006, 4.9.2007, 15.9.2008). Zur Bestimmung des Antioxidativen Potentials wurden die Beeren sofort nach der Probennahme weiterverarbeitet. Dabei wurden 50 Beeren in einem Beutel gequetscht, der gewonnene Saft zentrifugiert (Megafuge 1.0R, Heraeus, Osterode, Deutschland) und in Safe-Lock Tubes (1,0 mL, Eppendorf) in flüssigem Stickstoff gefroren, um jegliche Oxidation zu vermeiden. Die Proben wurden anschließend bei -80°C gelagert.

Bis zur Analyse lagerten die Beeren für die Mineralstoffanalyse (100 Beeren) bei -80°C. Zur Aufbereitung wurden sie gefriergetrocknet (Gefrier Trocknungsanlage P10, Piatowski, München, Deutschland) und dabei das Beerenfrisch- und -trockengewicht ermittelt. Die getrockneten Beeren wurden mit einem Stabmixer (ESGE-Zauberstab, UNOLD AG, Hockenheim, Deutschland) gemahlen.

Moste und Weine

Die Probennahme der Moste erfolgte, nachdem sich der Trub nach dem Pressen der Trauben abgesetzt hatte. Anschließend wurde eine Filtration mittels eines Faltenfilters (N/37,

Munktell und Filtrak GmbH, Bärenstein, Deutschland) durchgeführt. Die Probennahmen der Weine erfolgten nach der Gärung, nach der Filtration und nach der Flaschenfüllung. Bei Niagara wurden beim Jahrgang 2008 auch während der Gärung Proben gezogen. Sowohl Moste als auch Weine wurden bei -18°C gelagert. Die Proben für die FTIR-Analyse und den Mineralstoffaufschluss wurden ohne vorherige Lagerung direkt analysiert.

Blattproben

Zu drei Terminen im Jahr (Blüte, Veraison, 65° Oe der Trauben) wurden Blattproben gezogen. Dabei wurden pro Variante 10 Blätter, die einer Traube gegenüberlagen, entnommen. Die Blattproben wurden mit destilliertem Wasser gespült und im Trockenschrank bei 60°C getrocknet. Anschließend konnten die Proben gemahlen und für weitere Analysen eingewogen werden.

Die Blattproben für die Malondialdehydbestimmung wurden vor der Traubenlese entnommen (14.9.2006 und 20.8.2007), nach der Entnahme in Alufolie gewickelt und in flüssigem Stickstoff gefroren. Anschließend lagerten die Proben bei -80°C .

Schnittholz

Die Schnittholzproben wurden im Winter beim Rebschnitt genommen, bei 60°C getrocknet und anschließend gemahlen.

Bodenproben

Bodenproben wurden zu drei Terminen gezogen: Vor der Blüte, im Sommer und nach der Lese. Für die Bestimmung von N_{\min} wurden die Proben sofort weiterverarbeitet. Für sonstige Bodenuntersuchungen wurden die Bodenproben getrocknet, gemahlen und anschließend weiterverarbeitet.

3.5.2 Freilandversuch

Beim Freilandversuch wurden Most- und Weinproben wie in 3.5.1 beschrieben gezogen.

3.6 Analytik beim Freiland- und Gefäßversuch

Chlorophyllkonzentration

Mit einem Handphotometer (N-Tester) der Firma Yara (Dülmen, Deutschland) wurde die Chlorophyllkonzentration der Blätter zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen. Die Bestimmung konnte direkt an der Pflanze durchgeführt werden. Dabei wurden die Blätter in der Traubenzone gemessen. Der N-Tester bestimmt die Chlorophyllkonzentration der Blätter indirekt mittels Transmission bei einer Absorption von 650 nm. Ausgegeben werden dimensionslose Blattgrünwerte, die sehr gut mit dem Chlorophyllkonzentration der Blätter korrelieren (RUPP ET AL. 1999).

Traubenfarbe

Anhand des CIELab-Systems wurde die Farbzusammensetzung intakter Beeren mit einem Minolta Spektralphotometer CM 3500 D (Minolta-Europe, Langenhagen, Deutschland) untersucht. Es wurden pro Variante je 50 intakte Beeren gemessen.

Bonitur des Botrytisbefalls

Die Bonitur des Botrytisbefalls erfolgte visuell an Trauben im Weinberg. Es wurde zum einen die Häufigkeit des Befalls und zum anderen die Befallsstärke erfasst. Die Befallshäufigkeit sagt aus, wie viele Trauben in % einen Befall aufweisen. Die Befallsstärke weist den prozentual befallenen Anteil einer Traube aus, wobei die Bonitur in sieben Befallsklassen (0%, 1-5%, 6-10%, 11-25%, 26-50%, 51-75%, 76-100%) erfolgte.

Vegetative und generative Parameter

Die Bestimmung des Schnittholzgewichts wurde an zehn Stöcken beim Rebschnitt im Winter vorgenommen.

Die Beerengröße wurde im Sommer bestimmt. Dabei wurden 50 Beeren mit einer Schiebellehre vermessen (11.9.06, 20.8.07, 9.9.08).

Das Beerengewicht wurde bei der Farbmessung der Beeren mit einer Laborwaage bestimmt, wobei jeweils 50 Beeren gewogen wurden.

Zur Bestimmung des Deckungsgrades der Laubwand wurde die Laubwand im Sommer mit einer Digitalkamera vor weißem Hintergrund fotografiert (17.8.06, 9.8.07, 20.8.08). Die Auswertung erfolgte mit Adobe Photoshop CS4. Die grüne Fläche der Laubwand wurde schwarz eingefärbt und prozentual die schwarze Fläche des Bildes ermittelt.

Aminosäuren

Die Bestimmung der Aminosäuren wurde in Mosten und Weinen durchgeführt (SMIT ET AL. 2013). Die Bestimmung von Ammonium (NH_4^+) und Aminosäuren erfolgte durch Ionenaustauschchromatographie und Nachsäulenderivatisierung mit Ninhydrin mit einem Aminosäureanalysator A200 (AminoSys, Hennigsdorf, Deutschland). Folgende Aminosäuren wurden analysiert: Asparagin, Threonin, Serin, Asparaginsäure, Glutamin, Glutaminsäure, Glycin, Alanin, Valin, Methionin, Isoleucin, Leucin, Tyrosin, Phenylalanin, γ -Aminobuttersäure, Histidin, Tryptophan, Ornithin, Lysin, Arginin und Prolin.

Photometrische Bestimmung von Malondialdehyd

Die Bestimmung von Malondialdehyd erfolgte nach PEEVER UND HIGGINS (1989). Die Methode erfasst sämtliche „Thiobarbitursäurereaktive Substanzen“, neben dem vorherrschenden Malondialdehyd auch andere (aromatische) Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren, Amide und Aminosäuren. Malondialdehyd reagiert mit Thiobarbitursäure zu einem roten Komplex ($\epsilon = 155 \text{ L/mM}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$) (HEATH UND PACKER 1968), der bei 532 nm (abzgl. der unspezifischen Absorption bei 600 nm) im Photometer bestimmt werden kann. Die bei -80°C gelagerten Blätter wurden mit einer Schwingmühle (MM 200, Retsch, Deutschland) mit in flüssigem Stickstoff gekühlten Mahlbechern zerkleinert. Zur Extraktion wurden 100 mg tiefgefrorenes Blattmaterial in 5 mL eiskalten 0,2 M Natriumphosphatpuffer (pH 6,5, 1% Triton X-100) eingewogen, 20 min auf Eis extrahiert und anschließend 20 min bei 4°C zentrifugiert.

Zur Messung wurden 300 μL Extrakt mit Reaktionsstammlösung (Thiobarbitursäure 0,5% (g/v) Trichloressigsäure, 20% (g/v) in bidestilliertem Wasser) auf 2 mL aufgefüllt, 30 min bei 95°C inkubiert (Eppendorff, Thermomixer), in Eiswasser abgekühlt und 20 min zentrifugiert. Der klare Überstand wurde bei 532 nm und 600 nm gemessen (Spectro S1000, Analytik Jena, Deutschland). Die Berechnung der Malondialdehydkonzentration erfolgt auf Grundlage des Lambert-Beerschen Gesetzes.

$$C = \frac{(EP(532) - EP(600)) - (EBW(532) - EBW(600))}{\epsilon \cdot d} * \frac{VD}{VP} * \frac{VE}{FM} * 1000$$

C = Konzentration ($\mu\text{M/kg FM}$)

E = Extinktion von Probe (P) bzw. Blindwert (BW) bei der angegebenen Längenwelle

ϵ = Extinktionskoeffizient = $155 \text{ L/mM} \times \text{cm}$ nach HEATH (1968)

d = Schichtdicke der Küvette (cm) 1 cm

VD = Volumen der Derivatisierung (mL) 2 mL

VP = Probeneinsatz der Derivatisierung (mL) 0,3 mL

VE = Volumen der Extraktion (mL) 5 mL+0,1 g

FM = Extrahierte Frischmasse (g) 0,1 g

Dichtemessung während der alkoholischen Gärung

Der Verlauf der Gärung wurde anhand der Dichteabnahme kontrolliert. Die Dichte wurde mit einem Biegeschwinger (DMA 35n, Anton Paar, Deutschland) gemessen und in g/cm^3 ausgegeben.

Aromastoffanalyse

Die Aromastoffe im Wein wurden durch eine Dichlormethan-Extraktion (ORTEGA ET AL. 2001) und eine SPE-Extraktion (LOPEZ ET AL. 2002) bestimmt. Die Analyse der Aromastoffe erfolgte im März, zwei Monate nach der Flaschenfüllung der Weine, im Institut Weinanalytik und Getränkeforschung der Hochschule Geisenheim.

Die Analyse erfolgte an einem GC-MS (Agilent Technologies; 6890 N Network GC Systems mit Agilent Technologies, Mass Selective Detektor, 5973 N). Die Proben wurden auf einer Säule (Phenomen ZB-WAX (30,0 m x 250 μm x 0,25 μm)) getrennt.

Gesamtphenole

Die Bestimmung der Weine auf Gesamtphenole erfolgte nach RITTER (1994) basierend auf SINGLETON UND ROSSI (1965). Die Ergebnisse wurden als (+)-Catechinäquivalent berechnet.

Chemische Bodenparameter

Die Bodenproben wurden mittels CAL-Methode auf P, K und Mg untersucht. N_{\min} wurde mittels CaCl_2 -Lösung extrahiert. P und N_{\min} wurden anschließend mittels FIA bestimmt, die K-Bestimmung erfolgte flammenphotometrisch und Mg wurde mittels AAS erfasst. Die Gesamt-C- und -N-Bestimmung erfolgte mit einer konduktometrischen Methode. Anorganisches C wurde nach SCHEIBLER erfasst und zur Ermittlung von organischem C vom Gesamt-C abgezogen. Die Umrechnung von organischem C auf den Humusgehalt erfolgte mit dem Faktor 1,7. Die Bestimmung der Bodenfeuchte erfolgte gravimetrisch. Sämtliche Methoden sind bei SCHALLER (2000) beschrieben.

Mineralstoffe

Zur Probenaufbereitung (Blattproben, Beerenprobe, Moste, Weine) wurde eine Naßveraschung mit einem Gemisch aus konzentrierter Schwefelsäure und Wasserstoffperoxid durchgeführt (SCHALLER, 2000). Die Messung von Mg, Na, Cu, Fe, Zn, Mn erfolgte mittels AAS. Gesamt-N sowie P wurden photometrisch mittels Fließinjektionsanalyse bestimmt und K sowie Ca wurden am Flammenphotometer gemessen.

Most und Weinanalysen mittels FTIR

Mittels FTIR-Spektrometer (WinScan FT 120, FOSS, Deutschland) wurden von Mosten und Weinen die Parameter Gesamtsäure, Essigsäure, Äpfelsäure, Milchsäure, Glukonsäure, Glycerin, Dichte, reduzierende Zucker, Glukose, Fruktose, Ethanol und pH-Wert erfasst. Durchgeführt wurde die Analyse im Institut Weinanalytik und Getränkeforschung der Hochschule Geisenheim nach der Methode von PATZ ET AL. (2004). Die Most- und Weinproben wurden nach Filtration ohne weitere Probenaufbereitung analysiert.

3.7 Quantitativ beschreibende Sensorik

Die Weine wurden mittels quantitativ deskriptiver Sensorik verkostet und die Attribute für Geruch: Frucht, grün/vegetativ und UTA und für Geschmack: Säure, Bitterkeit und Harmonie auf einer Skala von „nicht“ bis „sehr stark“ (1-10) bewertet. Die Prüfbögen wurden mit der Sensoriksoftware Fizz Acquisition (Firma Biosystemes) erstellt. Ausgefüllte Bögen wurden mit dem Scanner ScannPartner 300C (Fa. Fujitsu) eingelesen und mit den Programmen Fizz Calculation 2.2.0B ausgewertet. Bei diesen Verkostungen dienten drei Pro-

ben aus einem Wein ohne untypischen Alterungston, der mit 0 µg/L, 0,7 µg/L und 1,7 µg/L AAP versetzt wurde als Standard.

Zusatz von AAP zu Riesling zur deskriptiven Bewertung

Zu einem Riesling des Jahrgangs 2005 (pH-Wert: 3,1; Gesamtsäure 5,2 g/L; reduzierende Zucker: 13,9 g/L) wurden in steigenden Konzentration 0 µg/L, 0,5 µg/L, 0,9 µg/L, 1,3 µg/L und 1,7 µg/L AAP zugegeben. Die Weine wurden auf einer Skala von 1 – 9 bewertet. Die Auswertung erfolgte wie oben beschrieben.

Warmlagerung von Weinen des Gefäßversuchs

Die frisch gefüllten Weine aus dem Gefäßversuch wurden einer künstlichen Alterung unterzogen. Diese wurde im Februar nach Flaschenfüllung durchgeführt. Dabei erfolgte eine warme Lagerung bei 45° C über drei Tage im Wärmeschränk. Anschließend wurden die Weine abgekühlt und sensorisch auf das Attribut UTA auf einer Skala von 1-10 geprüft.

Bei den Verkostungen waren zwischen 12 und 20 Panelteilnehmer anwesend.

3.8 Modellversuche

Zu Müller-Thurgau-Weinen aus den Jahrgängen 2006, 2007 und 2008 (Weine und Verschnitt aus Weinen aus Großcontainern, Tab. 3-8) wurden in steigender Menge 0, 20, 50, 100, 250, 500 µg/L IES zugegeben. Die Ansätze wurden mit 150 mg/L SO₂ versetzt und anschließend während 3 Tagen bei 45° C im Wärmeschränk gelagert.

Zu dem Müller-Thurgau-Wein aus dem Jahr 2008 wurde zusätzlich zur IES auch Ascorbinsäure in steigender Menge von 0-300 mg/L zugesetzt.

Vor und nach der Lagerung wurde der Wein auf freie IES und nach der Lagerung auf AAP untersucht. Um einen Ausgangswert zu erhalten, wurde zusätzlich der Wein ohne warme Lagerung auf AAP und freie IES untersucht.

Tabelle 3-7: Zusätze zu Müller-Thurgau Weinen.

Jahrgang	Weine	IES (µg/L)	Ascorbinsäure (mg/L)	SO ₂ (mg/L)
2006	Wein 1 – 3 (n = 3)	50	0	150
		250	0	150
		500	0	150
2007	Wein 5 (n = 1)	0	0	150
		20	0	150
		50	0	150
		100	0	150
		250	0	150
		500	0	150
2008	Wein 4 (n = 3)	0	0	0
		0	0	150
		0	300	150
		50	0	150
		50	100	150
		50	300	150
		250	0	0
		250	0	150
		250	40	150
		250	100	150
		250	300	150
		250	200	150
		250	150	150
		500	0	150
		500	100	150
		500	300	150

Tabelle 3-8: Müller-Thurgau- und Niagara-Weine für die Modellversuche.

Sorte	Jahr- gang	Wein Nr.	Alko- hol g/L	Säure g/L	pH	reduzierende Zucker g/L	AAP vor Ver- suchsbeginn µg/L
Müller-Thurgau	2006	1	11,7	7,4		4,2	0,21
Müller-Thurgau	2006	2	11,6	7,5		0,3	0,46
Müller-Thurgau	2006	3	11,6	6,9		0,2	0,40
Müller-Thurgau	2007	5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,16
Müller-Thurgau	2008	4	8,0	7,3	3,0	0,1	0,06
Niagara	2007		10,6	8,8	3,1	2,3	1,8
Niagara	2007		10,3	7,7	3,2	10,1	1,3
Niagara	2008		9,5	8,5	3,3	2,7	0,5

n.a. = nicht analysiert

Zusatz von Ascorbinsäure zu Niagara

Neben Müller-Thurgau wurde auch zu Niagara-Weinen des Jahrgangs 2007 und 2008 Ascorbinsäure zugesetzt. Im Jahr 2007 wurde dabei der Wein verwendet, der mit unterschiedlichen Hefen vergoren wurde (Kapitel 3.4.1). Dabei wurde nach der Gärung zu bei-

den Weinen SO₂ (150 mg/L) und Ascorbinsäure (300 mg/L) zugesetzt und eine Variante wurde ohne Zusätze gelagert (n = 1). Die Analyse der Weine auf AAP erfolgte im Februar nach der Ernte.

Im Jahrgang 2008 wurde zu einem Niagara-Wein (Verschnitt aus Weinen aus Großcontainern, Tab 3-8) SO₂ (150 mg/L) und Ascorbinsäure (300 mg/L) zugesetzt (n = 3). Eine Variante wurde ohne Zusätze gelagert. Die Analyse der Weine auf AAP erfolgte im Februar nach der Ernte.

Die gleichen Ansätze des Jahrgangs 2008 wurden nicht bei natürlichen Temperaturen gelagert, sondern es erfolgte eine warme Lagerung bei 45° C über drei Tage im Wärmeschränk, um die Weine forciert zu altern (n = 1). Die Weine wurden nach der warmen Lagerung analysiert.

3.9 Analytik beim Gefäß-, Freiland- und Modellversuch

3.9.1 Aromastoffe (AAP, ASME, Indol, Skatol)

Die Bestimmung der UTA verursachenden Aromastoffe erfolgte nach RAUHUT ET AL. (2007) im Institut Mikrobiologie und Biochemie der Hochschule Geisenheim. Zur Probenvorbereitung wurden 20 mL Wein mit internem Standard (4-Propylphenol (7 µg/L)) versetzt. Die Probe wurde auf eine Chem Elut-Kartusche (20 mL, Varian) gegeben. Nach einer Wartezeit von 10 min wurde die Kartusche zweimal mit 20 mL Pentan/Dichlormethan (2:1) eluiert. Anschließend wurde das Eluat an einer Vigreux-Kolonnen auf 1 mL eingengt, um anschließend in einem Düngesgefäß bei 40° C auf 50 µL weiter konzentriert zu werden (DÜNGES 1979).

GC-Bedingungen

Die Proben wurden mittels Gaschromatograph (Agilent 6890M) mit einer Silica-Kapillarsäule (DB WAX (J&W Scientific); 60 m, 0,32 mm i. D. 0,25 µm Filmdicke) chromatographisch getrennt.

Injektion: CIS-4 (Gerstel, Deutschland) 30° C für 10 s, 12° C/s bis auf 240°C für 300 s, splitless Zeit 90 s; Injektionsvolumen: 2 µL; Trägergas: He, 30 cm/s bei 60° C.

GC-Temperatur, Programm und Detektion

60° C für 1 min, 3° C/min bis 240° C, für 20 min gehalten.

Der GC-Gas Fluss wurde am Ende der GC-Säule gesplittet (1:1). Ein Teil diente zur Bestimmung der N-Komponenten an einem Massenspektrometer (GCQ (Thermo Fisher Scientific, Osterode, Deutschland) und der andere Teil wurde zur Bestimmung von S-Komponenten an einem Chemoluminiszenzdetektor (Sievers SCD 350 B) verwendet.

MS-Bedingungen und Parameter

+EI Mode bei 70 eV; Transferlinie: 240° C; Temperatur: 175° C; vorliegende Emission: 250 µA; Multiplier: 1175 V; AGC (automatic gain control): 50; Scanmodus: MS₁–MS₂ (SIM – SIM), Multiplier offset + 300 Volt; q-Wert: 0,45; Breite ± 1 m/z für alle Vorläuferionen.

Tabelle 3-9: MS-MS Parameter zur Detektion von N-Komponenten.

Komponente	M1-Precursor Ion m/z	M2-Precursor Ion m/z	CID*
4-PP (interner Standard)	136	107	0,90
2-AAP	135	120	1,10
Methylantranilat	151	119	1,10
Indol	117	90	0,90
Skatol	131	130	0,90

*CID - stoßinduzierte Dissoziation (collision-induced dissociation)

3.9.2 Tryptophanderivate

Die Bestimmung der Tryptophanderivate und der Gesamt-IES erfolgte nach LINSSENMEIER (2007) basierend auf der Methode von HOENICKE ET AL. (2001, 2002) in Mosten und Weinen.

Hierzu wurden 2 mL Probe mit 2 mL Indolpropionsäure (0,1 mg/L) als internem Standard versetzt und mit NaOH-Lösung auf pH 6-7 eingestellt. Mittels Festphasenextraktion wurde die Probe eluiert. Es wurde dazu ein starker Anionentauscher SAX (Bond-Elut 3 ml, Varian) 500 mg benutzt. Zur Säulenvorbereitung wurden 2 mL MeOH, 2 mL Elutionslösung 2 (5% vol Acetonitril, 5,7% vol Essigsäure, 89,3% vol bidestilliertes Wasser), 2 mL bidestillier-

tes Wasser in dieser Reihenfolge aufgegeben. Danach wurden 2 mL der aufbereiteten Probe aufgegeben. Anschließend wurde die Säule mit 10 mL Elutionslösung 1 (5% vol Acetonitril, 95% vol bidest.) bei Most oder 15 mL bei Wein gewaschen. Zur Elution wurden zweimal 1 ml Elutionslösung 2 verwendet. Zur HPLC-Analyse wurden 100 µL injiziert.

Zur Bestimmung der Gesamt-IES wurde eine alkalische Hydrolyse mit anschließender Festphasenextraktion durchgeführt. Hierzu wurde 1 mL Probe mit 3,5 mL 5 M NaOH und 100 µL (5 mg/L) als internem Standard versetzt. Anschließend wurde unter N₂-Schutz bei 120° C während 5 Stunden eine alkalische Hydrolyse durchgeführt. Nach dem Abkühlen wurde die Probe mit 700 µL 85% Phosphorsäure und 3 mL bidestestilliertem Wasser versetzt. Anschließend wurde eine Festphasenextraktion mit einer C₁₈-Säule (Octadecyl, Baker) durchgeführt. Zur Säulenkonditionierung wurden 5 mL MeOH und 5 mL 1 M Essigsäure aufgegeben. Danach wurde die gesamte aufbereitete Probe aufgegeben und anschließend mit 5 mL bidestilliertem Wasser gespült und mit 5 ml MeOH (50%) eluiert. Mit dem Eluat wurde anschließend wie bei der Bestimmung der Tryptophanderivate nochmals eine Festphasenextraktion (SAX) durchgeführt. Das dabei gewonnene Eluat stand zur HPLC-Analyse zur Verfügung. Es wurden 100 µL injiziert.

Die anschließende HPLC-FLD Analyse erfolgte für die Tryptophanderivate als auch für die Gesamt-IES mit einem Jasco HPLC-System (Jasco, Groß-Umstadt, Deutschland, HPLC system: PU 2080, DG 2080-54, LG 2080-04, FP 2020 Plus, LC-Net II / ADC). Als Trennsäule wurde ein LiChrospher Rp-18 (5 µm Partikelgröße, 250 mm × 3 mm) eingesetzt. Der Säulenofen wurde auf 35°C temperiert. Als Eluenten dienten die Lösung A: 0,1% Trifluoressigsäure, und Lösung B: Acetonitril. Folgendes Gradientenprogramm wurde verwendet: 0 min: 95% A, 15 min: 60% A, 25 min: 60%, 27 min: 0% A, 29 min: 0% A, 31 min: 95% A, 40 min: 95% A. Der Fluß betrug 0,7 mL/min.

Mit dem Fluoreszenzdetektor (Jasco, Groß-Umstadt, Deutschland, FP 2020 Plus) wurde Anthranilsäure bei einer Extinktion von 255 nm und einer Emission von 435 nm gemessen. Nach 10 min wurde die Extinktion auf 255 nm und die Emission auf 360 nm umgestellt und damit freie IES und Indolmilchsäure erfasst. Die Gesamt-IES wurde bei einer Extinktion von 255 nm und einer Emission von 360 nm gemessen.

3.9.3 Antioxidatives Potential

Bei den Mosten und Weinen wurde das antioxidative Potential mit dem Photochem®-Gerät der Firma AnalytikJena (Jena, Deutschland) bestimmt. In der Probe wurden Superoxidradikale erzeugt, die mit den Antioxidantien reagieren. Die freien Radikale reagieren mit einer chemolumineszenten Substanz. Mit Hilfe der entstandenen Lumineszenz werden die Antioxidantien als Summenparameter quantifiziert (POPOV ET AL. 1994). Die Ergebnisse wurden in äquivalenten Konzentrationseinheiten der Ascorbinsäure für wasserlösliche Substanzen (ACW) angegeben (Firmenschrift Photochem® Analytik Jena 2002).

3.10 Statistische Untersuchungen

Die Berechnung von Mittelwerten, Standardabweichungen und Bestimmtheitsmaßen erfolgte mit Excel® (Microsoft Office 2003). Die statistische Auswertung der Daten wurde mit dem Statistikprogramm PASW Statistics 18 durchgeführt. Der Einfluss auf die Varianz der Einzeldaten wurde durch Varianzanalysen untersucht. Darüber hinaus wurde die Anteilsziffer aus den mittleren Abweichungsquadraten der Varianzanalyse berechnet. Der Anteilsziffer ist der Anteil der Einflussfaktoren an der Streuung des Datensatzes zu entnehmen.

Als Post-Hoc-Test wurde der Tukey-Test zum Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ für multiple Mittelwertvergleiche angewendet. Aufgrund von ungleichen Varianzen wurde beim Sortenvergleich Müller-Thurgau und Niagara getrennt berechnet. Für den Vergleich von zwei Varianten wurde der t-Test verwendet. Signifikante Unterschiede wurden durch verschiedene Buchstaben dargestellt. Bestimmtheitsmaße einfacher linearer, potentieller und logarithmischer Beziehungen wurden mit PASW Statistics 18 auf ihre Signifikanz hin überprüft.

4 Ergebnisse

Der Ergebnisteil wurde in fünf Kapitel gegliedert. Das erste Kapitel zeigt die weinbaulichen und klimatischen Einflüsse auf die AAP-Bildung.

Im zweiten Kapitel sind die sensorischen Ergebnisse aus dem Gefäßversuch und eine sensorische Bewertung von Wein mit Zusatz von AAP dargestellt.

Das dritte Kapitel beschäftigt sich mit dem Einfluss von unterschiedlichen Vitis-Arten auf die Bildung von AAP.

Im vierten Kapitel wird der Einfluss von IES und des antioxidativen Potentials auf die Bildung von AAP behandelt.

Das fünfte Kapitel beschäftigt sich mit einem Freilandversuche und mit Weinen, die als UTA belastet angesprochen wurden jedoch keine AAP-Konzentrationen in sensorisch relevanten Konzentrationen zeigten.

4.1 Weinbauliche und klimatische Einflüsse

Dieses Kapitel gliedert sich in zwei Teile. Zum einen wurde der Einfluss der Düngung und Bewässerung und zum anderen der Einfluss der Strahlung auf die Bildung von AAP behandelt.

4.1.1 Düngung und Bewässerung beim Gefäßversuch

4.1.1.1 Wasserbedarf während der Vegetationsperiode

Der Wasserbedarf bei den Varianten „feucht“ lag in den Jahren 2006-2008 zwischen 190 und 238 L/Stock.

Die Varianten „feucht-trocken“ erhielten Wassergaben von 140 bis 196 Liter/Stock. Vor Reifebeginn wurden im Jahr 2006, 140 Liter/Stock gegeben, im Jahr 2008 waren es bei der Variante „N1 feucht-trocken“ 96 Liter/Stock und bei der Variante „N2 feucht-trocken“ 169 Liter/Stock.

Die Varianten „trocken-feucht“ wurden mit Mengen zwischen 172 L/Stock (2008, „N1 trocken-feucht“) und 192 L/Stock (2007, „N2 trocken-feucht“) bewässert. Die „trockenen“ Varianten erhielten Wassermengen zwischen 120 und 143 Liter/Stock.

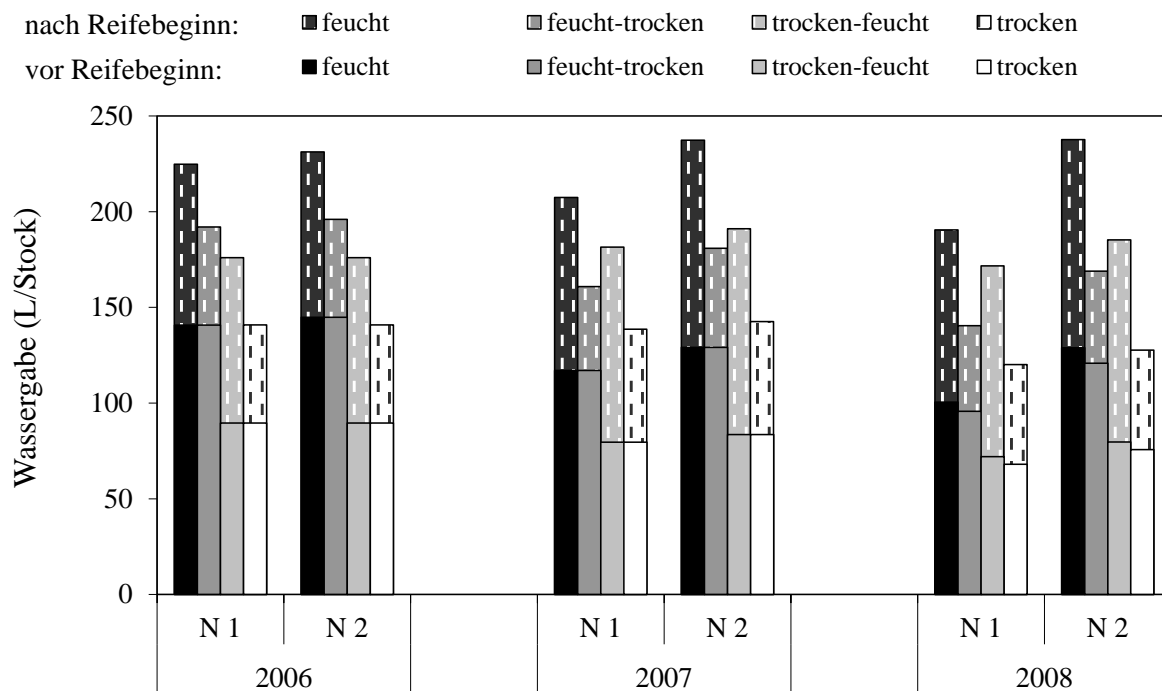


Abbildung 4-1: Wassergaben (L/Stock) während der Vegetationsperiode in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha, N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Aufgeführt sind die Wassergaben vor Reifebeginn und nach Reifebeginn.

4.1.1.2 Wasserhaushalt während der Vegetationsperiode

Ziel war es, den Wassergehalt bei den Varianten „feucht“ bei 21 Vol-% (ca. 70-75% nutzbare Wasserkapazität) und die „trockenen“ Varianten bei 14-16 Vol-% (35-45% nutzbare Wasserkapazität) zu halten. Im Jahr 2006 war die Differenzierung weniger deutlich als in den Jahren 2007 und 2008. Auffallend war auch, dass die Differenzierung bei der Düngestufe N2 schwieriger war als bei der Düngestufe N1. Vor allem beim Jahrgang 2006 war der Unterschied bei der Düngestufe N2 zwischen „feucht“ und „trocken“ weniger ausgeprägt als in den Jahren 2007 und 2008.

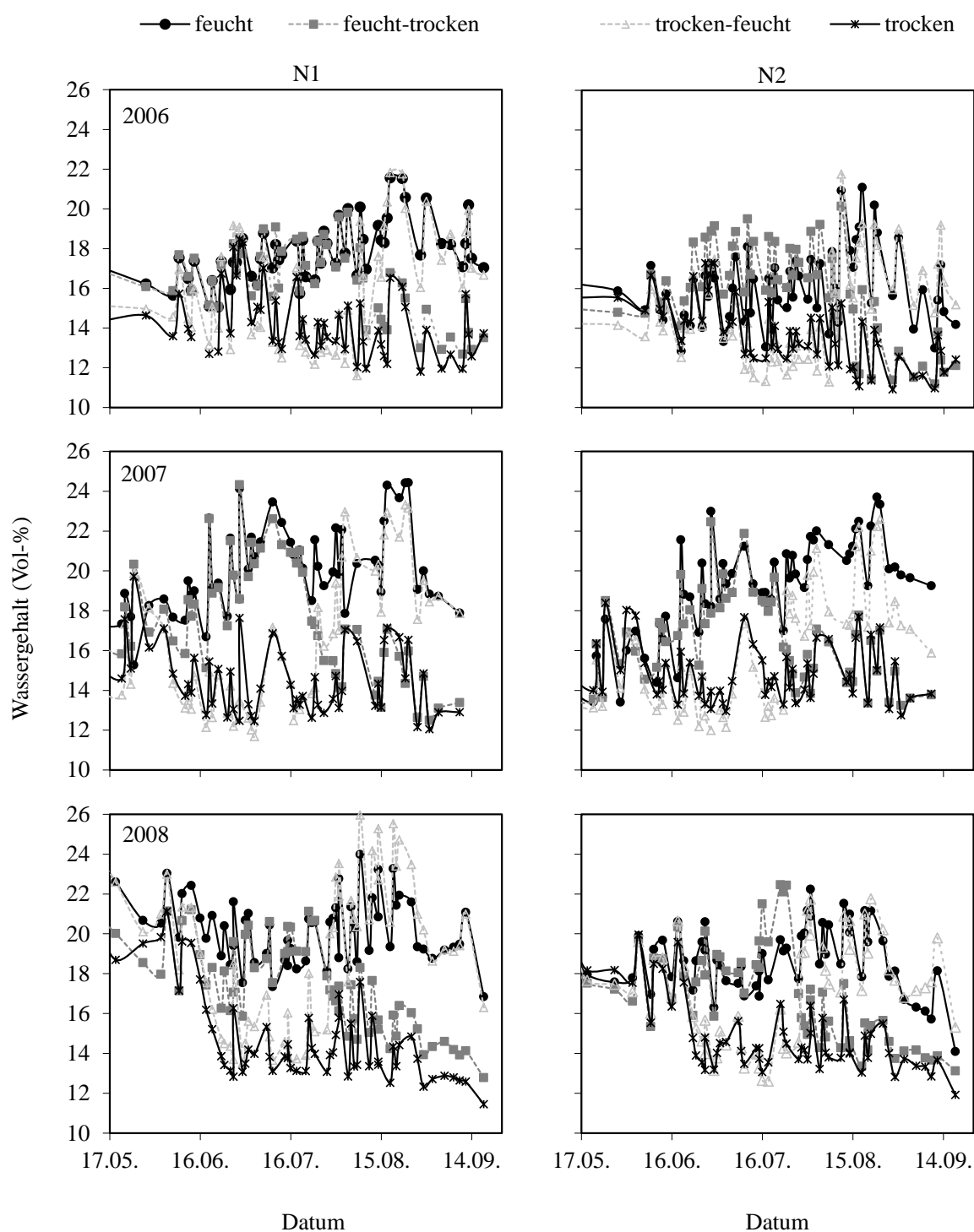


Abbildung 4-2: Wassergehalt (Vol-%) in den Gefäßen (2006-2008: n = 4) während der Vegetationsperiode in Abhängigkeit der Düngung und Bewässerung.

4.1.1.3 Traubenertrag

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Gesamtvariabilität des Traubenertrags betrug 55%. Der Traubenertrag lag im Jahr 2007 mit 3,4 kg/Stock am höchsten gefolgt von 2008 mit 2,9 kg/Stock und 2006 mit 2,0 kg/Stock.

Die **Düngung** hatte einen signifikanten Einfluss von 13% auf die Gesamtvariabilität des Traubenertrags. Im Mittel über alle drei Jahre lag der Traubenertrag der Düngestufe N1 bei 2,5 kg/Stock und der Düngestufe N2 bei 3,0 kg/Stock.

Der Einfluss der **Bewässerung** hatte einen Anteil von 11% an der Gesamtvariabilität des Traubenertrags und war hoch signifikant. Im Mittel über alle drei Jahre konnte mit steigender Trockenheit eine Abnahme des Traubenertrags beobachtet werden. Ein signifikanter Unterschied im Mittel über alle drei Jahre konnte bei den Bewässerungsvarianten nur zwischen den Varianten „N1 feucht“ und „N1 trocken“ festgestellt werden.

Tabelle 4-1: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Traubenertrags. Dreifaktorielle Bewertung von Jahr, Düngung und Bewässerung und zweifaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	dreifaktoriell		zweifaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	54,9	416,4 ***	73,1 ***	69,8 ***
Düngung	13,0	196,8 ***		
Bewässerung	11,0	55,7 ***	11,3 ***	15,3 ***
Jahr \times Düngung	6,6	50,1 ***		
Jahr \times Bewässerung	5,2	13,1 ***	5,5 *	11,0 ***
Düngung \times Bewässerung	1,5	7,4 ***		
Jahr \times Düngung \times Bewässerung	3,2	8,2 ***		
Rest	4,7		10,1	3,9

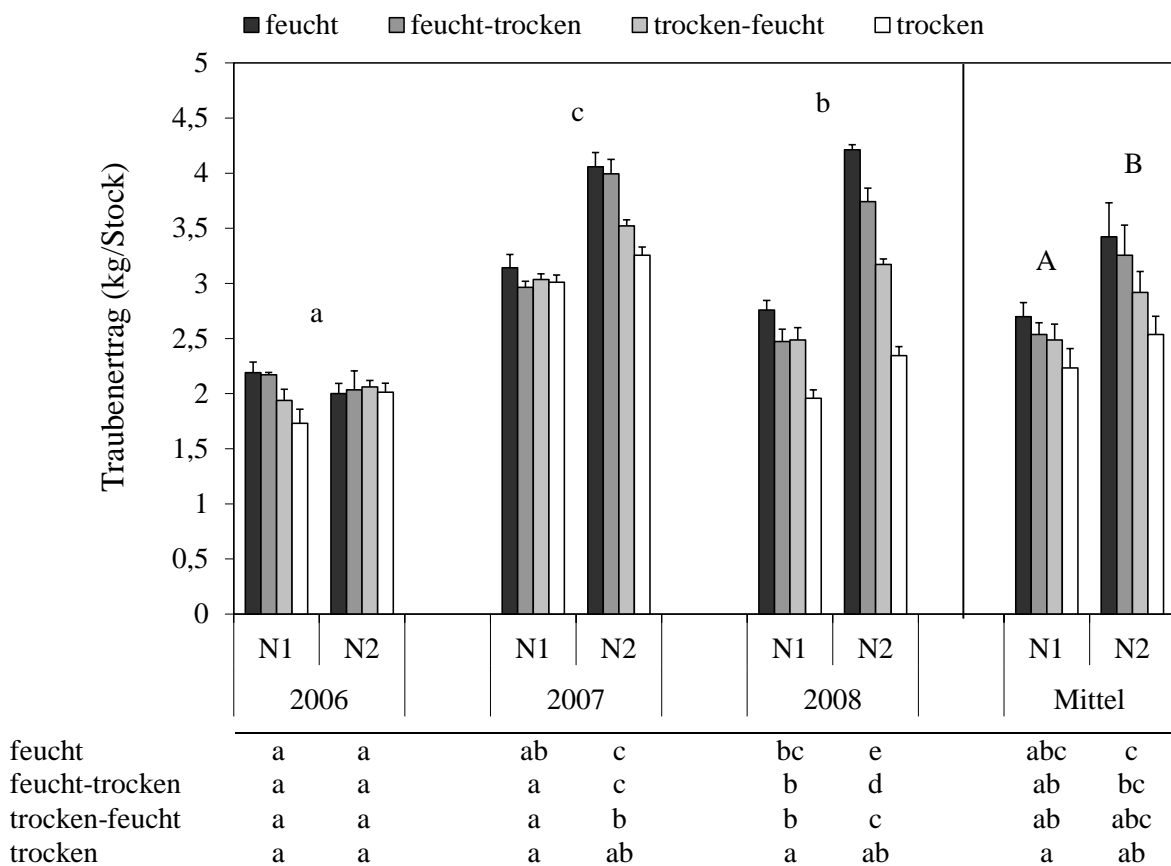


Abbildung 4-3: Traubenertrag (kg/Stock) der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 4$) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt. Jeder Jahrgang wurde einzeln verrechnet.

4.1.1.4 Beerengewicht

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Gesamtvariabilität lag bei den Düngungs- und Bewässerungsvarianten bei 17%. Das Beerengewicht war im Jahr 2006 signifikant geringer als 2007 und 2008.

Es konnte nur ein geringer Einfluss der **Düngung** beobachtet werden. Im Mittel über alle Jahre lag der Beerendurchmesser bei beiden Düngestufen bei 1,8 g/Beere und es konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Den größten Einfluss an der Gesamtvariabilität hatte mit 52% die **Bewässerung**. Bei der Düngestufe N2 war in allen Versuchsjahren ein signifikanter Unterschied zwischen der Variante „N2 feucht“ und „N2 trocken-feucht“ und „N2 trocken“ zu beobachten. Lediglich im Jahr 2006 konnte dies auch bei der Düngestufe N1 verzeichnet werden.

Der Anteil der Bewässerung an der Gesamtvariabilität lag bei der Düngestufe N2 höher als bei der Düngestufe N1. Bei beiden Düngestufen war eine Wechselwirkung zwischen Jahr und Bewässerung festzustellen.

Tabelle 4-2: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Beerengewichts. Dreifaktorielle Bewertung von Jahr, Düngung und Bewässerung und zweifaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	dreifaktoriell		zweifaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	17,2	39,1 ***	21,3 ***	14,2 ***
Düngung	0,9	4,0 *		
Bewässerung	51,9	78,6 ***	45,7 ***	60,4 ***
Jahr \times Düngung	0,1	0,2		
Jahr \times Bewässerung	7,9	6,0 ***	14,2 **	11,7 ***
Düngung \times Bewässerung	1,4	2,1		
Jahr \times Düngung \times Bewässerung	4,8	3,7 ***		
Rest	15,9		18,8	13,6

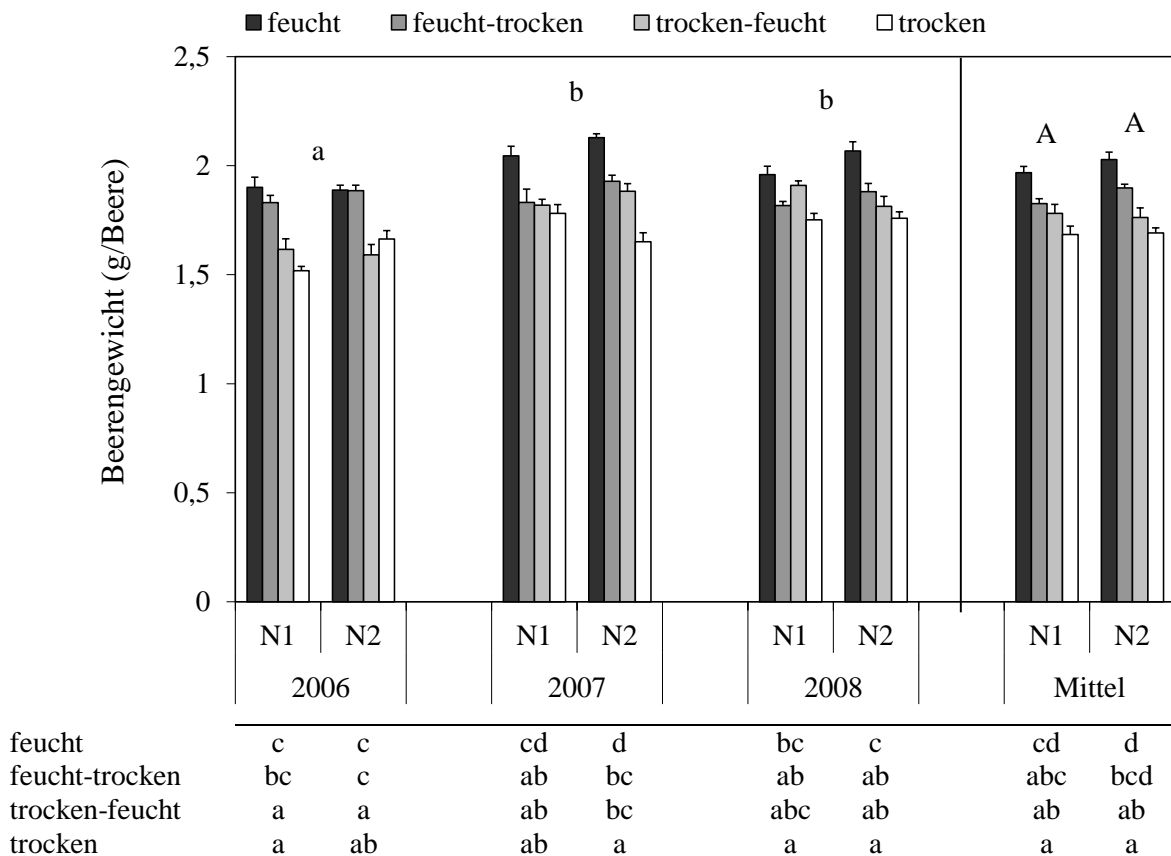


Abbildung 4-4: Beerengewicht (g/Beere) der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 4) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt. Jeder Jahrgang wurde einzeln verrechnet.

4.1.1.5 Gipfellaub

Das Gipfellaub einer Weinbergsanlage ist ein Maß für das vegetative Wachstum der Rebe. Die Bestimmung des Gipfellaubs erfolgte nur im Versuchsjahr 2008.

Durch die **Düngung** wurde die Menge an Gipfellaub im Mittel beim 1. Termin um das 1,7-fache erhöht. Bei den Varianten N1 wurden 77 g/Stock und bei den hoch gedüngten Varianten N2 130 g/Stock ermittelt. Bei der Düngestufe N1 war beim 2. Termin kein Triebwachstum mehr vorhanden, so dass ein Gipfeln nicht notwendig war.

Die **Bewässerung** hatte beim 1. Termin einen signifikanten Anteil von 21% auf die Menge an Gipfellaub. Beim 2. Gipfeltermin unterschieden sich die Varianten „N2 feucht“ und „N2 trocken-feucht“ signifikant von allen anderen Varianten.

Tabelle 4-3: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Gipfellaubs (1. Termin). Zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Düngung	52,3	51,9 ***		
Bewässerung	21,4	7,1 **	41,4	56,0 *
Düngung \times Bewässerung	2,2	0,7		
Rest	24,2		58,6	44,0

Tabelle 4-4: Gipfellaub (g/Stock) \pm SF der Sorte Müller-Thurgau in Abhängigkeit der Düngung und Bewässerung (1. Termin: 15.7.2008; 2. Termin: 11.9.2008). Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Varianten sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

		1. Termin		2. Termin	
N1	feucht	90,1 \pm 13,7	ab	0,0 \pm 0,0	a
	feucht-trocken	84,3 \pm 11,7	ab	0,0 \pm 0,0	a
	trocken-feucht	82,2 \pm 10,9	ab	0,0 \pm 0,0	a
	trocken	50,3 \pm 3,6	a	0,0 \pm 0,0	a
N2	feucht	152,8 \pm 16,7	c	79,2 \pm 7,1	c
	feucht-trocken	145,4 \pm 1,9	c	0,0 \pm 0,0	a
	trocken-feucht	117,6 \pm 4,3	bc	37,1 \pm 9,6	b
	trocken	104,0 \pm 10,7	bc	0,0 \pm 0,0	a

4.1.1.6 Frucht-Holz-Verhältnis

Das Frucht-Holz-Verhältnis ist ein Maß für die Holzleistung im Verhältnis zur Traubenertragsmenge. Ein hohes Frucht-Holz-Verhältnis deutet auf eine Überlastung der Rebe hin.

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Gesamtvariabilität des Frucht-Holz-Verhältnisses betrug 54% und war signifikant. Es zeigte sich im Jahr 2006 ein signifikant niedrigeres Frucht-Holz Verhältnis im Vergleich zu den Jahren 2007 und 2008.

Die **Düngung** hatte keinen Einfluss auf das Frucht-Holz-Verhältnis.

Bezüglich der **Bewässerung** konnte mit einem Anteil von 7% ein geringer, aber signifikanter Einfluss auf die Gesamtvariabilität des Frucht-Holz-Verhältnisses ermittelt werden. Zwischen den Bewässerungsvarianten der einzelnen Dünge­stufen gab es nur im Jahr 2008 signifikante Unterschiede.

Die Bewässerung beeinflusste das Frucht-Holz-Verhältnis in den verschiedenen Jahren unterschiedlich, was zu einer signifikanten Wechselwirkung zwischen Jahr und Bewässerung bei beiden Dünge­stufen führte.

Tabelle 4-5: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Frucht-Holz-Verhältnisses. Dreifaktorielle Bewertung von Jahr, Düngung und Bewässerung und zweifaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	dreifaktoriell		zweifaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	54,0	146,0 ***	49,5 ***	59,8 ***
Düngung	0,0	0,1		
Bewässerung	6,8	12,2 ***	11,4 ***	3,8 *
Jahr \times Düngung	0,4	1,0		
Jahr \times Bewässerung	22,8	20,5 ***	23,8 *	25,3 ***
Düngung \times Bewässerung	1,1	1,9		
Jahr \times Düngung \times Bewässerung	1,7	1,6		
Rest	13,3		15,3	11,1

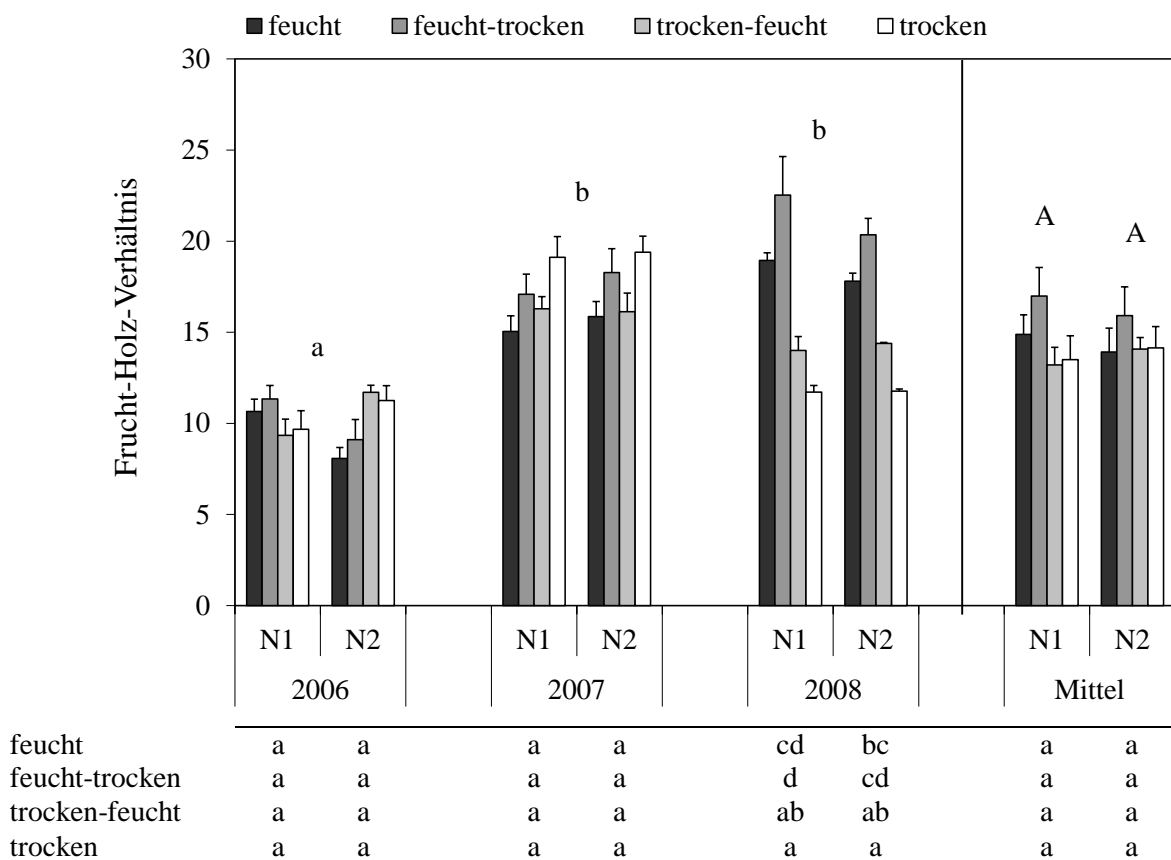


Abbildung 4-5: Frucht-Holz-Verhältnis der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 4$) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Dünge­stufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt. Jeder Jahrgang wurde einzeln verrechnet.

4.1.1.7 Befall mit *Botrytis cinerea*

Auf die Befallsstärke der Traube hatte das **Jahr** mit 8% einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität des Traubenbefalls. Das Jahr 2008 zeigt einen signifikant höheren Befall als 2007.

Bei der **Düngung** zeigte sich der Einfluss auf die Gesamtvariabilität der Befallsstärke mit 30% und war signifikant. Im Vergleich über alle drei Versuchsjahre wurden bei der Dünge-
stufe N1 im Mittel 0,9% *Botrytis*-Befallsstärke und ein noch deutlicherer Einfluss bei der
Düngestufe N2 mit 3,6% festgestellt.

Die **Bewässerung** wies einen geringeren, aber mit 6% signifikanten Anteil an der Gesamtvariabilität auf. Bei der Dünge-
stufe N1 war bei der zweifaktoriellen Bewertung kein signifikanter Einfluss der Bewässerung zu beobachten, während die Dünge-
stufe N2 durch die Bewässerung signifikant beeinflusst wurde. Dies erklärt auch die Wechselwirkung
zwischen Düngung und Bewässerung, die mit 4,5% signifikant ist.

Auffallend ist auch die Wechselwirkung zwischen Jahr und Bewässerung, die mit 8,8% signifikant ist. Die Variante „trocken“ zeigte dabei überraschenderweise in den Jahren 2007 und 2008 die höchste Befallsstärke mit *Botrytis cinerea*.

Tabelle 4-6: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Befallsstärke der Trauben mit *Botrytis cinerea*. Dreifaktorielle Bewertung von Jahr, Düngung und Bewässerung und zweifaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	dreifaktoriell		zweifaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	7,6	11,6 ***	20,5 **	20,3 **
Düngung	30,4	93,4 ***		
Bewässerung	6,1	6,3 ***	2,2	16,0 **
Jahr \times Düngung	6,6	10,1 ***		
Jahr \times Bewässerung	8,8	4,5 ***	31,2 **	30,7 **
Düngung \times Bewässerung	4,5	4,6 **		
Jahr \times Düngung \times Bewässerung	12,6	6,5 ***		
Rest	23,4		46,1	33,0

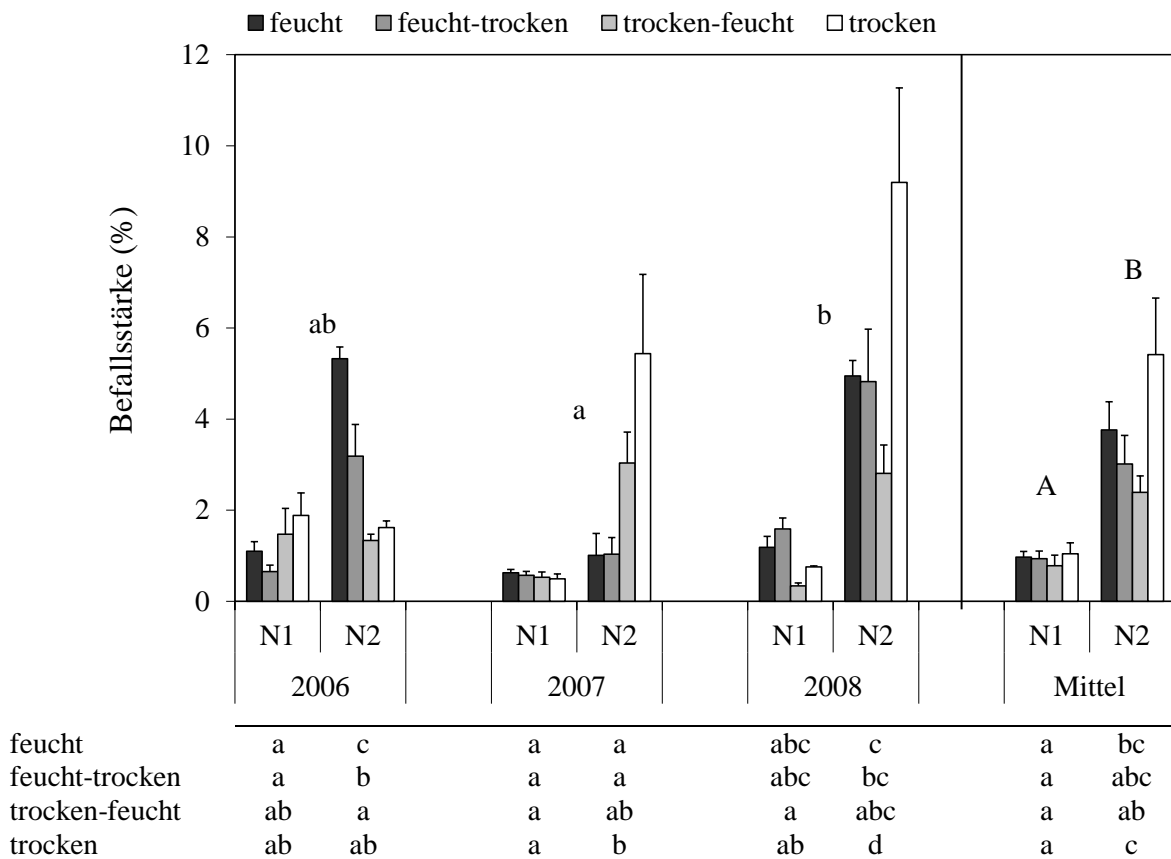


Abbildung 4-6: Befall mit *Botrytis cinerea* (%) der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 4) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt. Jeder Jahrgang wurde einzeln verrechnet.

4.1.1.8 Mostgewicht

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf das Mostgewicht betrug 39% bei unterschiedlicher Düngung und Bewässerung und war signifikant. Dabei lag das Mostgewicht beim Jahrgang 2006 (82° Oe) signifikant über den Jahrgängen 2007 (73° Oe) und 2008 (75° Oe).

Die **Düngung** hatte am Mostgewicht einen signifikanten Anteil von 11%, wobei die Varianten der Düngestufe N1 im Mittel über alle Jahre mit 79° Oe über denen der Düngestufe N2 mit 75° Oe lagen.

Tabelle 4-7: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Mostgewichts. Dreifaktorielle Bewertung von Jahr, Düngung und Bewässerung und zweifaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	dreifaktoriell		zweifaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	38,7	262,9 ***	51,0 **	45,6 **
Düngung	11,3	153,0 ***		
Bewässerung	28,1	127,3 ***	29,4 **	36,8 **
Jahr \times Düngung	3,0	20,5 ***		
Jahr \times Bewässerung	7,1	16,0 ***	6,6 *	14,0 **
Düngung \times Bewässerung	2,9	13,1 ***		
Jahr \times Düngung \times Bewässerung	3,7	8,3 ***		
Rest	5,3		12,9	3,6

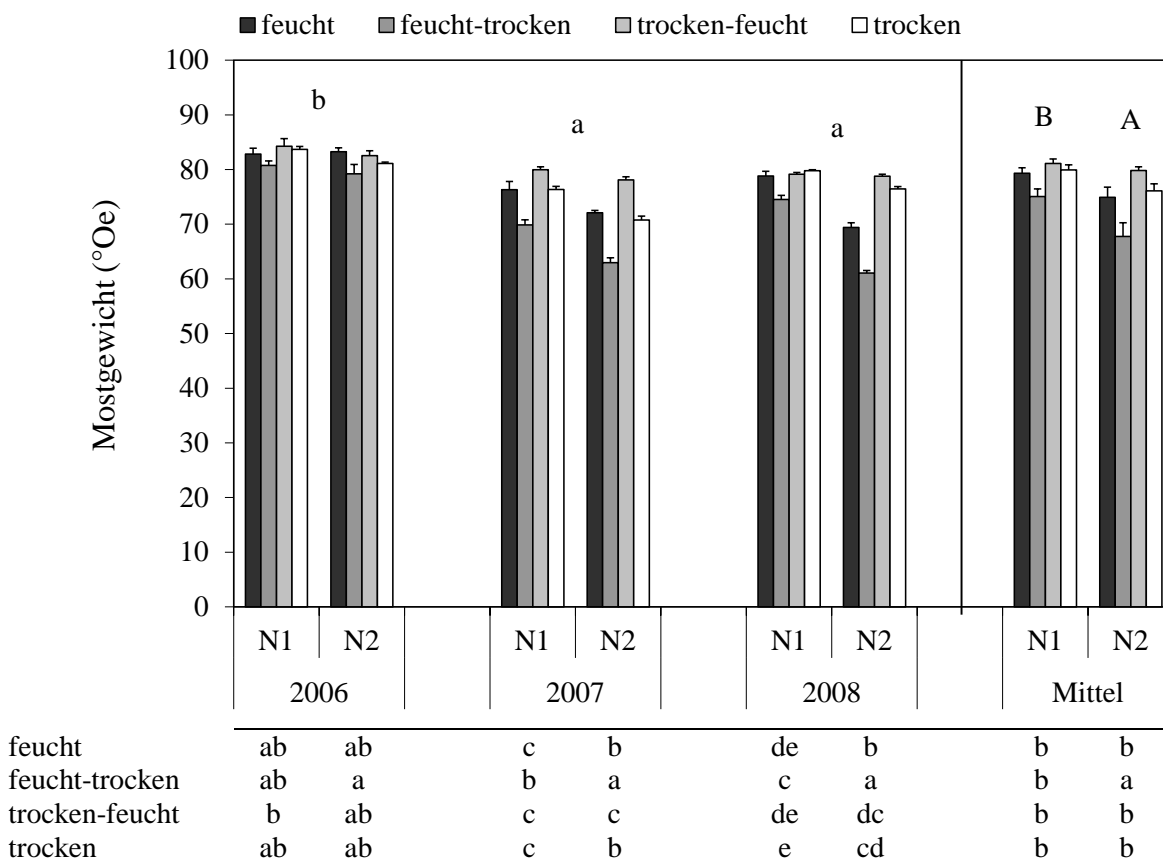


Abbildung 4-7: Mostgewicht (° Oe) der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 4) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt. Jeder Jahrgang wurde einzeln verrechnet.

Die **Bewässerung** hat einen signifikanten Einfluss von 28% auf die Gesamtvariabilität des Mostgewichts. Auffallend ist das niedrigere Mostgewicht bei den Varianten „feucht-

trocken“ bei beiden Dünge­stufen. Dieser Effekt war bei der Dünge­stufe N2 deutlicher ausgeprägt, als bei der Dünge­stufe N1. Daraus erklärt sich auch die signifikante Wechselwirkung (2,9%) zwischen Dünge­ung und Bewässerung.

Im Mittel über alle Jahre unterschied sich nur die Variante „feucht-trocken“ der Dünge­stufe N2 von allen anderen Varianten.

4.1.1.9 Gesamt-N in Beeren, Most und Wein

Beeren

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Gesamtvariabilität der N-Konzentration in den Beeren betrug 45%.

Bei unterschiedlicher Dünge­ung und Bewässerung betrug die N-Konzentration in den Beeren 1302 mg/kg (2006), 1043 mg/kg (2007) und 833 mg/kg (2008).

Der **Dünge­ungseinfluss** auf die Gesamtvariabilität lag im Mittel über alle Jahre bei 38% und war hochsignifikant. Im Mittel über alle drei Versuchsjahre lag die Dünge­stufe N1 bei 883 mg/kg und die Dünge­stufe N2 bei 1235 mg/kg.

Die **Bewässerung** wies einen signifikanten Anteil von 6% an der Gesamtvariabilität der Gesamt-N-Konzentration auf. Der Bewässerungseinfluss war zwischen den Dünge­stufen nicht eindeutig, was zu einer geringen, aber signifikanten Wechselwirkung (0,8%) zwischen Dünge­ung und Bewässerung führte.

Most

Der Einfluss des **Jahrgangs** an der Gesamtvariabilität lag bei 18% und war signifikant. Im Mittel über alle Dünge­ungs- und Bewässerungsvarianten lag die Gesamt-N-Konzentration 2006 bei 321 mg N/L, 2007 bei 265 mg N/L und 2008 bei 179 mg N/L.

Der **Dünge­ungseinfluss** auf die Gesamtvariabilität lag im Mittel über alle Jahre bei 64%. Die Dünge­ung hatte einen maßgeblichen Einfluss auf die Konzentration an Gesamt-N im Most. Der Unterschied bei den beiden Dünge­stufen lag in über alle drei Versuchsjahre bei 144 mg N/L (N1) und 366 mg N/L (N2).

Die **Bewässerung** hatte einen Anteil von 9% an der Gesamtvariabilität der Gesamt-N-Konzentration und war signifikant. Bei der einfaktoriellen Bewertung der einzelnen Dünge­

stufen N1 und N2 konnte nur bei der Düngungsvariante N2 ein signifikanter Einfluss der Bewässerung festgestellt werden. Die Variante „N2 trocken-feucht“ zeigte im Mittel über alle Versuchsjahre die höchsten Gesamt-N-Konzentrationen, was sich im Post-Hoc-Test jedoch nicht statistisch absichern lies.

Wein

Bei den Düngungs- und Bewässerungsvarianten war der Einfluss des **Jahres** auf die Gesamtvariabilität des Traubenbefalls mit 25% signifikant. Die Jahrgänge unterschieden sich mit 128 mg N/L (2006), 85 mg N/L (2007) und 58 mg N/L (2008).

Die **Düngung** hatte einen hochsignifikanten Einfluss von 53% auf die Gesamtvariabilität der N-Konzentration im Wein. Die hochgedüngten Varianten zeigten im Mittel über alle Varianten eine Konzentration von 133 mg/L, während die Varianten N1 48 mg/L aufwiesen.

Gegenüber dem Düngungseinfluss war der Einfluss der **Bewässerung** auf die Gesamtvariabilität der N-Konzentration im Wein mit einer Anteilsziffer von 8% deutlich geringer, jedoch signifikant. Innerhalb der Düngestufen war kein signifikanter Unterschied durch die Bewässerung zu beobachten. Tendenziell wiesen die Varianten „feucht-trocken“ bei beiden Düngestufen die höchsten Gesamt-N-Konzentrationen auf.

Termin

Der Termin hatte in allen drei Jahren einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-N-Konzentration. In den Beeren lagen die höchsten Konzentrationen mit 1059 mg N/L, im Most 255 mg N/L und im Wein 91 mg N/L vor. Von dem Gesamt-N, das in den Beeren vorlag, gingen im Mittel nur ca. 25% in den Most über.

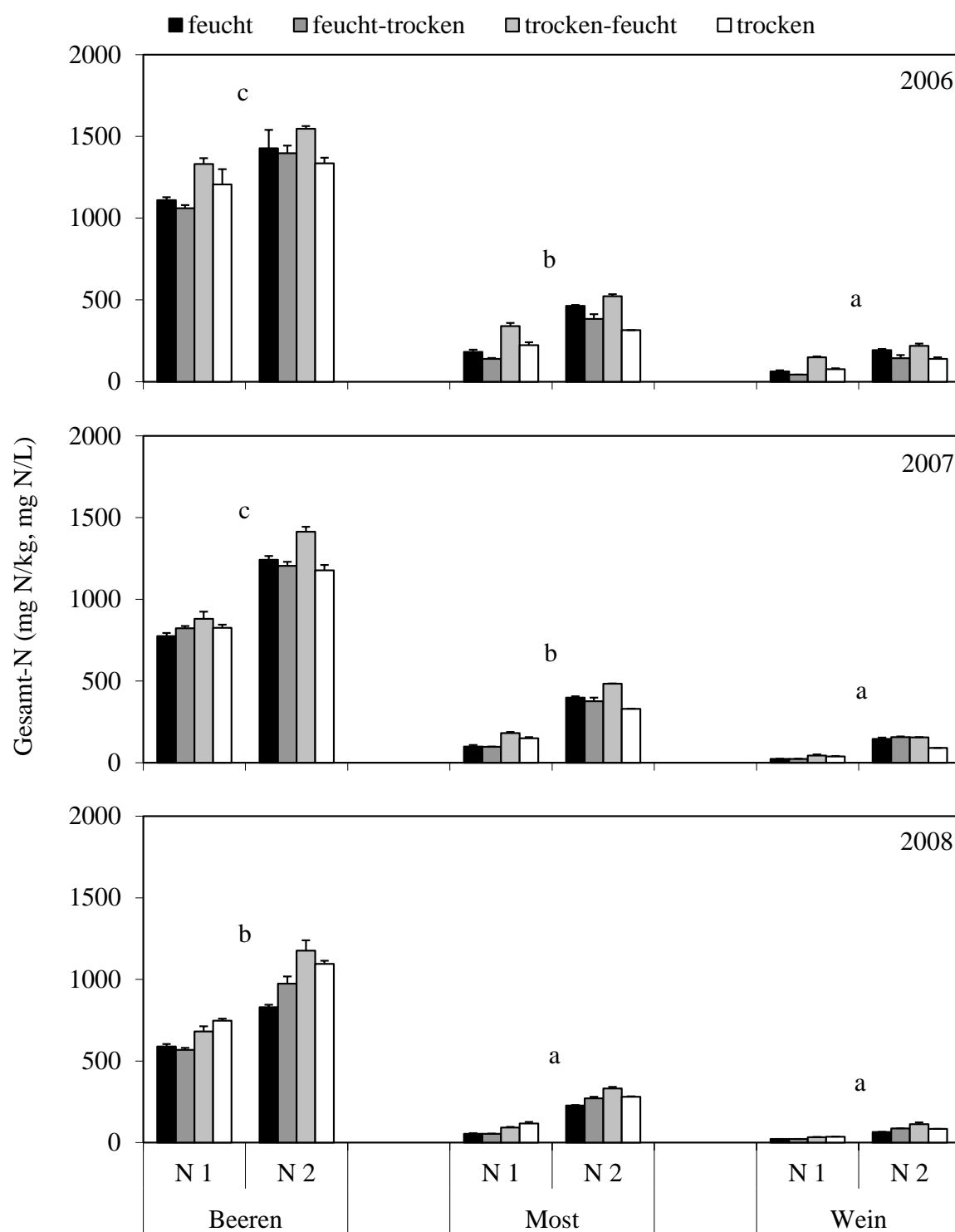


Abbildung 4-8: Gesamt-N-Konzentration (mg N/kg, mg N/L) in Beeren, Most und Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006–2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben dargestellt.

Tabelle 4-8: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-N-Konzentration in Beeren, Most und Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell				
	Jahr	Düngung	Bewässerung	Düngung × Bewässerung	Rest
Beeren	44,7 ***	37,5 ***	6,0 ***	0,8 *	11,1
N1	83,6 ***		7,0 ***		9,5
N2	62,3 ***		15,7 ***		22,0
Most	18 *	64,1 ***	9,0 **	2,5	6,3
N1	56,4 ***		30,4		13,1
N2	51,4 ***		33,5 *		15,1
Wein	24,5 **	52,6 ***	8,2 *	2,4	12,3
N1	50,3 ***		26,3		20,3
N2	61,6 ***		20,3		18,2

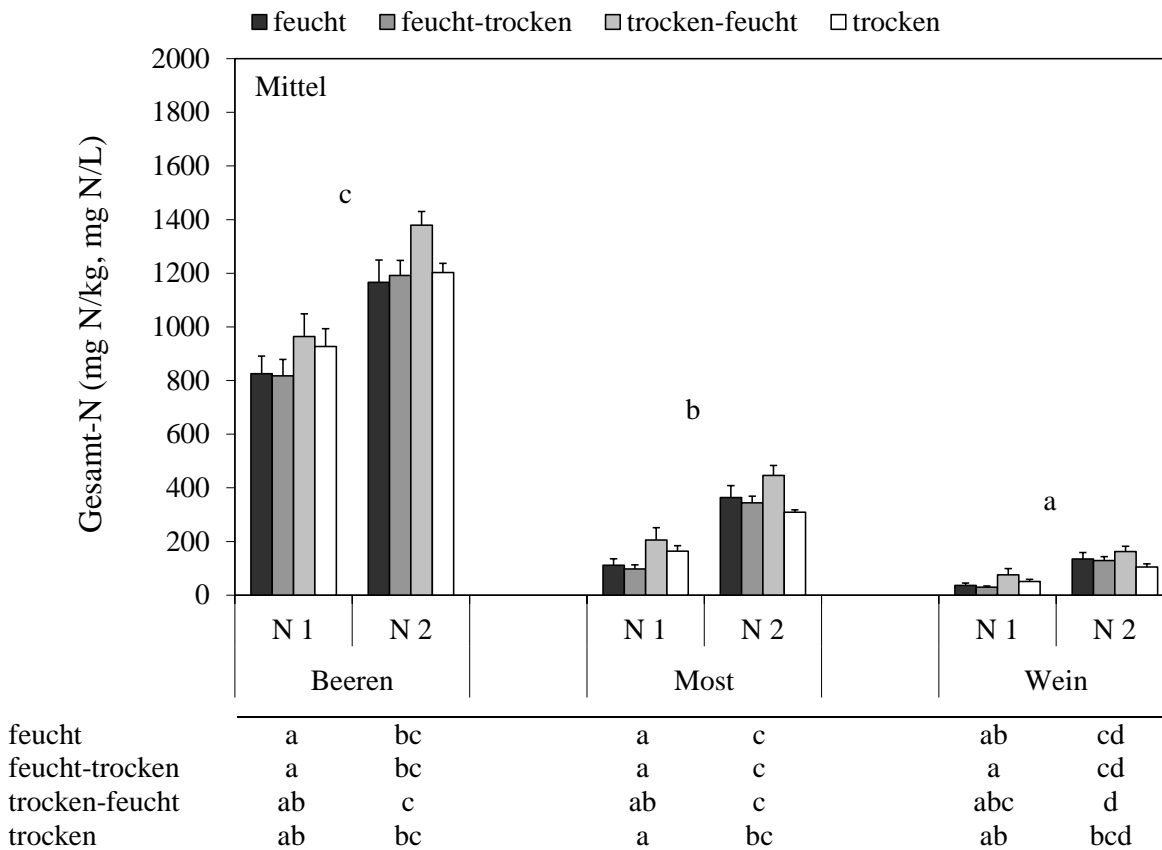


Abbildung 4-9: Gesamt-N-Konzentration (mg N/kg, mg N/L) in Beeren, Most und Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 6) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

4.1.1.10 Aminosäuren in Most und Wein

Most

Der Einfluss des **Jahrgangs** lag bei 19% und war signifikant. Bei der Düngestufe N1 war eine Abnahme über die drei Versuchsjahre zu beobachten, während bei der Düngestufe N2 lediglich das Jahr 2008 niedrigere Konzentrationen an Gesamt-AS im Most aufwies.

Der **Düngungseinfluss** auf die Gesamtvariabilität lag im Mittel über alle Jahre bei 58% und war signifikant. Im Mittel über alle Versuchsjahre lag die Konzentration bei der Düngestufe N1 bei 87 mg N/L und bei den höher gedüngten Varianten bei 231 mg N/L.

Die **Bewässerung** hatte einen signifikanten Anteil von 11% auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-AS-Konzentration im Most. Bei der getrennten Betrachtung der beiden Düngestufen zeigte sich, dass die Bewässerung nur bei der N2 einen signifikanten Einfluss hatte.

Wein

Das **Jahr** hatte einen signifikanten Einfluss von 21% an der Gesamtvariabilität der Gesamt-AS-Konzentration im Wein. Einen signifikanten Unterschied gab es dabei zwischen den Jahren 2006 und 2008, wobei die Konzentrationen im Mittel über alle Versuchsjahre von 53 mg/L (2006) auf 19 mg/L (2008) abnahmen.

Auf die Gesamtvariabilität übte die **Düngung** einen signifikanten Einfluss von 51% aus. Die Varianten N2 unterschieden sich vor allem in den Jahren 2007 und 2008 deutlich von den Varianten N1. Im Jahr 2006 war die Konzentration der Gesamt-AS im Wein zwischen N1 und N2 deutlich geringer.

Die **Bewässerung** hatte zwar mit 13% einen geringeren Anteil an der Gesamtvariabilität im Vergleich zur Düngung, war jedoch signifikant. Bei den einzelnen Düngestufen gab es keinen signifikanten Einfluss der Bewässerung. Im Mittel über alle drei Jahre zeigte die Variante „trocken-feucht“ sowohl bei N1 als auch bei N2 die höchsten Konzentrationen.

Termin

Der Termin hatte in allen drei Jahren einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-AS-Konzentration im Wein. Bei der Düngestufe N1 nahm die Gesamt-AS-Konzentration von 87 mg N/L im Most auf 16 mg N/L im Wein und bei der N2 von 231 mg N/L auf 61 mg N/L ab. Dies bedeutet im Mittel über alle Versuchsjahre eine Abnahme

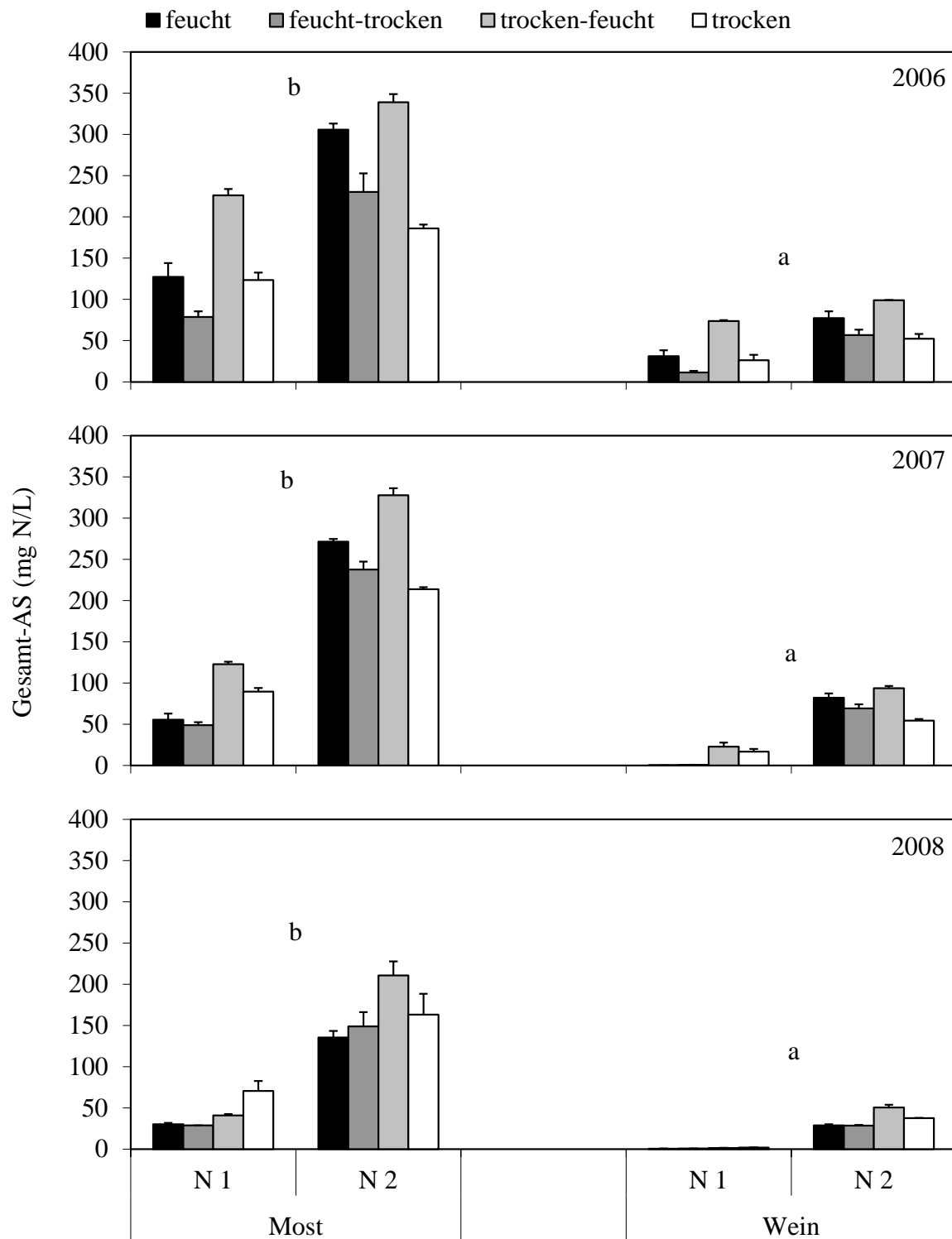


Abbildung 4-10: Gesamt-AS-Konzentration (mg N/L) in Most und Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

von 88% der Gesamt-AS während der Gärung bei der Düngestufe N1 und 74% bei den höher gedüngten Varianten.

Tabelle 4-9: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-AS-Konzentration im Most und Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell				
	Jahr	Düngung	Bewässerung	Düngung × Bewässerung	Rest
Most	19,0 **	58,1 ***	11,2 **	2,5	9,3
N1	52,8 ***		28,2		19,1
N2	49,1 ***		35,5 *		15,4
Wein	21,0 **	51,4 ***	12,6 **	1,3	13,7
N1	48,5 **		25,5		26,0
N2	56,6 ***		31,1		12,3

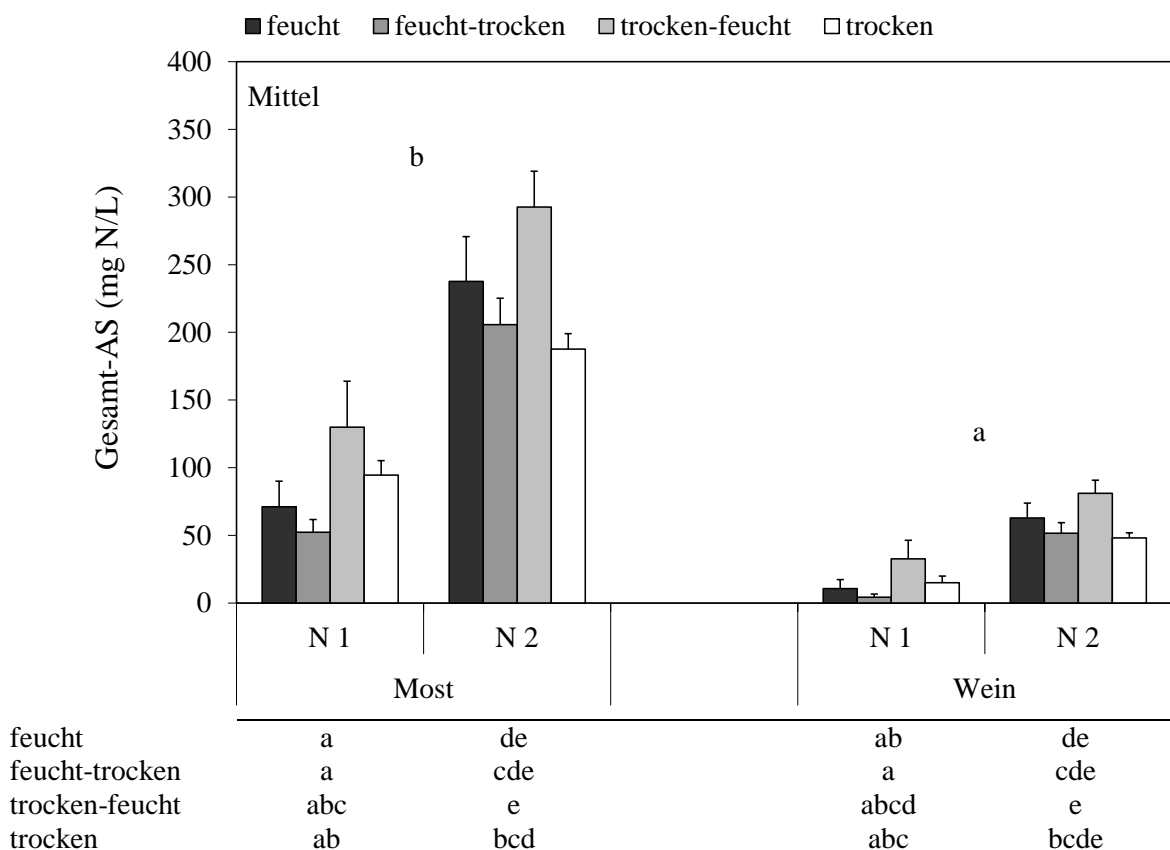


Abbildung 4-11: Gesamt-AS-Konzentration (mg N/L) in Most und Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008; n = 6) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

4.1.1.11 Gärverlauf

Der **Jahrgang** hatte einen signifikanten Einfluss von 21% auf die Gesamtvariabilität der Gärdauer. Die Gärdauer verlängerte sich im Mittel von 2006 mit 9 Tagen bis 2008 auf 19 Tage.

Die **Düngung** hatte einen signifikanten Einfluss von 42% an der Gesamtvariabilität der Gärgeschwindigkeit. Die Gärdauer der Düngungsvariante N2 lag im Mittel über alle Jahre und Bewässerungsstufen bei 8 Tagen und bei 19 Tagen bei der Düngestufe N1.

Der Einfluss der **Bewässerung** an der Gesamtvariabilität war nicht signifikant. Bei der Düngestufe N2 war über alle drei Jahre nur geringe Unterschiede festzustellen. Die Gärung der Varianten „trocken“ und „trocken-feucht“ der Düngestufe N1 verlief in allen drei Jahren schneller als in den anderen beiden Varianten. Dieser Unterschied wurde im Zeitraum von 2006 bis 2008 immer deutlicher.

Tabelle 4-10: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gärdauer. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	21,2	6,1 **	59,1 **	82,4 **
Düngung	41,6	39,3 ***		
Bewässerung	8,3	2,6	27,8	7,6
Düngung × Bewässerung	7,9	2,5		
Rest	21,0		13,0	10,1

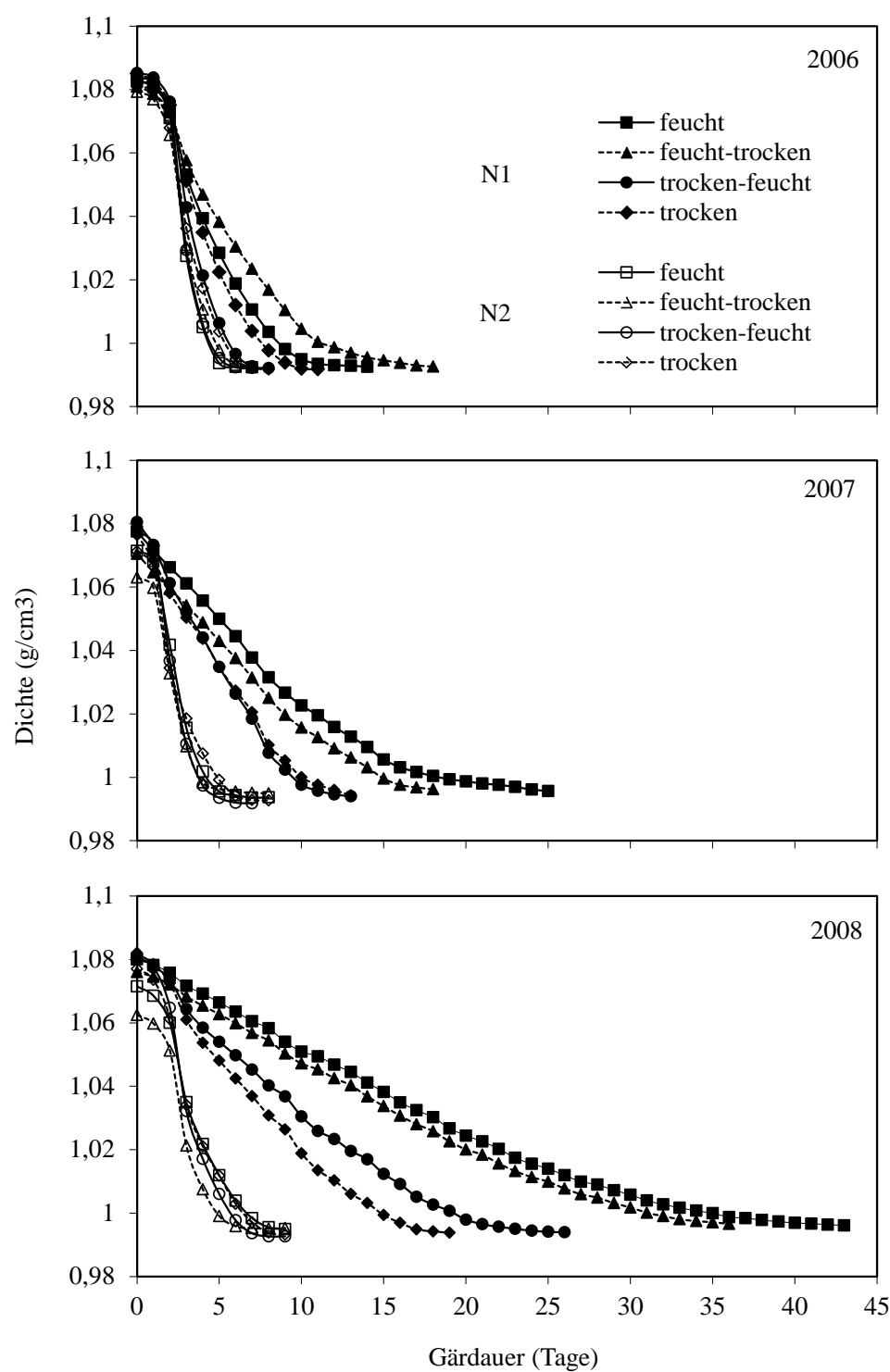


Abbildung 4-12: Dichteabnahme (g/cm³) der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha, N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung in den Jahren 2006–2008.

4.1.1.12 Reduzierende Zucker

Der reduzierende Zucker ist ein Hinweis auf den Vergärungsgrad. Liegen nach der Gärung noch hohe Menge an reduzierenden Zuckern vor, ist dies ein Hinweis auf Stickstoffmangel oder Hefestress anderer Art während der Gärung.

Der Einfluss des **Jahrgangs** bei den Düngungs- und Bewässerungsvarianten an der Gesamtvariabilität war mit 20% signifikant, wobei der Einfluss bei den einzelnen Düngestufen höher lag. Der Jahrgang 2008 mit 4,6 g/L reduzierendem Zucker unterschied sich signifikant vom Jahrgang 2006 (1,7 g/L), während der Jahrgang 2007 mit einer Konzentration an reduzierendem Zucker von 2,6 g/L dazwischen lag.

Einen starken Einfluss auf die reduzierenden Zucker im Wein hat die **Düngung** mit einem signifikanten Anteil an der Gesamtvariabilität von 57%. Im Mittel über alle Jahre lag die Konzentration an reduzierenden Zuckern bei der Düngestufe N1 bei 5,0 g/L und bei der Düngestufe N2 bei 0,9 g/L.

Der Anteil der **Bewässerung** an der Gesamtvariabilität ist mit 5% gering und nicht signifikant.

Tabelle 4-11: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Konzentration an reduzierendem Zucker im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	19,8	5,6 **	51,6 ***	68,8 ***
Düngung	56,6	62,2 ***		
Bewässerung	4,8	1,9	22,3	3,6
Düngung × Bewässerung	3,9	1,5		
Rest	14,9		26,2	27,7

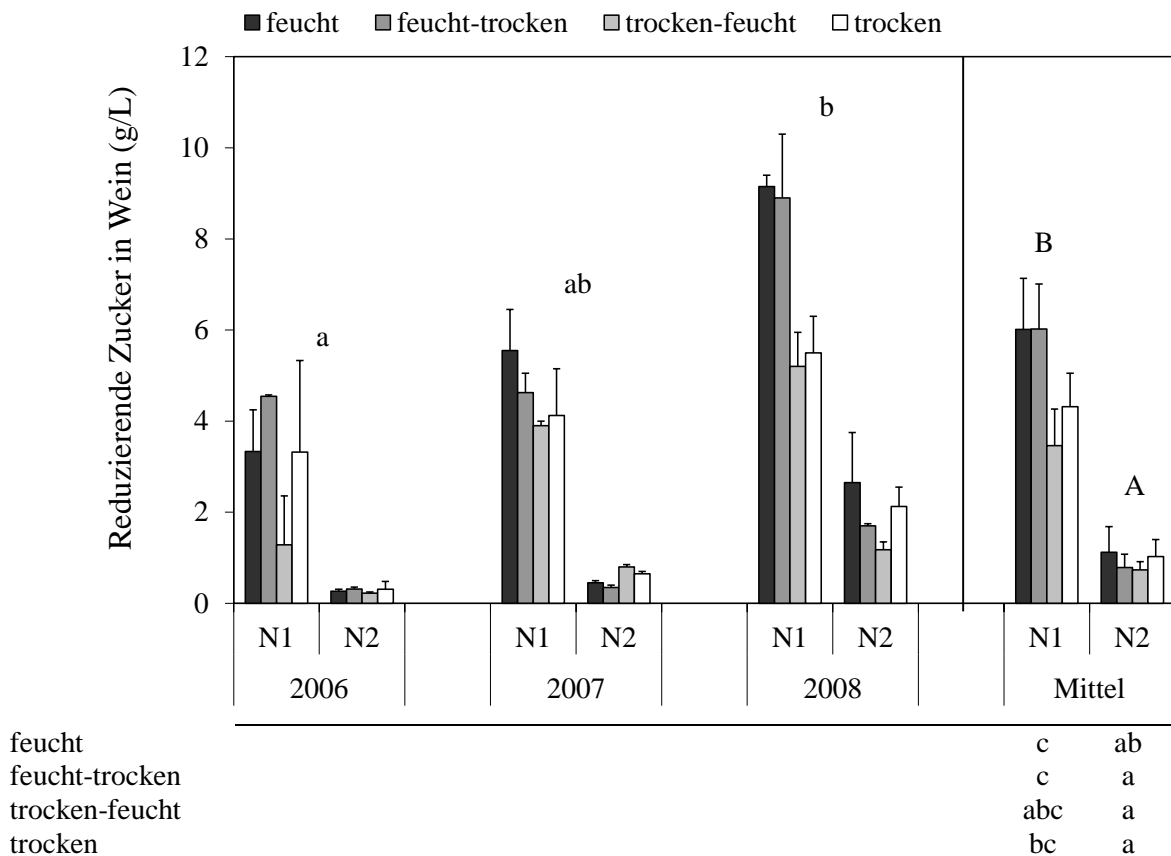


Abbildung 4-13: Konzentration an reduzierenden Zuckern (g/L) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

4.1.1.13 Aromastoffe

Das **Jahr** hatte bei fast allen Aromastoffen einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität. Eine Ausnahme bilden drei Aromastoffe aus der Gruppe der Ester: Isoamylacetat, Decansäureethylester und Diethylsuccinat.

Die **Düngung** hatte bei Aromastoffen in der Gruppe der Ester und Fettsäuren häufig einen signifikanten Einfluss, in der Gruppe der höheren Alkohole war nur ein Aromastoff, der signifikant auf die Düngung reagierte. Die hier untersuchten Terpene zeigten keinen signifikanten Einfluss der Düngung auf die Gesamtvariabilität.

Bis auf Diethylsuccinat konnte bei allen Estern eine Zunahme der Konzentration mit steigender Konzentration an Gesamt-AS beobachtet werden.

Ein signifikanter Einfluss der **Bewässerung** auf die Gesamtvariabilität war nur bei drei Aromastoffen aus der Gruppe der Ester feststellbar.

Tabelle 4-12: Mittlere Konzentration der Aromastoffe im Wein \pm SF. Mittelwert aus den Bewässerungsvarianten. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen N1 und N2 sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	2006		2007	
	N1	N2	N1	N2
Ester				
Isoamylacetat (mg/L)	0,43 \pm 0,11 a	0,88 \pm 0,13 b	0,24 \pm 0,03 a	1,05 \pm 0,12 b
Buttersäureethylester ((μ g/L)	42,4 \pm 3,2 a	57,6 \pm 3,2 b	49,4 \pm 8,4 a	113,9 \pm 5,7 b
Hexansäureethylester (μ g/L)	219,7 \pm 10,1 a	240,9 \pm 7,7 a	255,4 \pm 14,9 a	379,9 \pm 19,9 b
Decansäureethylester (μ g/L)	124,3 \pm 7,0 a	118,8 \pm 7,6 a	109,8 \pm 11,1 a	114,6 \pm 9,4 a
Milchsäureethylester (mg/L)	4,68 \pm 0,34 a	7,25 \pm 0,50 b	8,97 \pm 2,05 a	14,22 \pm 4,24 a
Diethylsuccinat (μ g/L)	843,9 \pm 49,0 b	684,9 \pm 14,0 a	993,3 \pm 122,4 b	483,3 \pm 14,2 a
Höhere Alkohole				
3-Methylbutanol (mg/L)	46,73 \pm 1,56 b	41,31 \pm 1,15 a	29,21 \pm 2,09 b	23,83 \pm 1,13 a
Isobutanol (mg/L)	4,64 \pm 0,23 a	4,93 \pm 0,10 a	3,18 \pm 0,29 a	2,92 \pm 0,18 a
1-Butanol (μ g/L)	17,2 \pm 2,0 a	24,9 \pm 2,2 b	35,5 \pm 4,8 a	47,3 \pm 2,3 b
2,3-Butandiol (mg/L)	1,38 \pm 0,17 a	1,54 \pm 0,30 a	0,39 \pm 0,11 a	1,16 \pm 0,21 b
Methionol (μ g/L)	54,1 \pm 7,3 a	65,1 \pm 5,2 a	231,2 \pm 41,4 a	191,1 \pm 23,4 a
Hexanol (mg/L)	1,50 \pm 0,05 a	1,46 \pm 0,06 a	1,74 \pm 0,10 a	1,90 \pm 0,04 a
Säuren				
Buttersäure (μ g/L)	83,5 \pm 10,3 a	99,0 \pm 7,6 a	40,5 \pm 8,7 a	70,1 \pm 8,9 b
Hexansäure (mg/L)	1,19 \pm 0,09 a	1,48 \pm 0,07 b	0,38 \pm 0,09 a	1,29 \pm 0,13 b
Octansäure (mg/L)	1,40 \pm 0,10 a	1,75 \pm 0,08 b	0,35 \pm 0,09 a	1,22 \pm 0,10 b
Decansäure (μ g/L)	271,9 \pm 22,0 a	314,1 \pm 16,0 a	32,7 \pm 9,3 a	64,1 \pm 6,7 b
Terpene				
α -Terpineol (μ g/L)	13,4 \pm 1,8 a	12,0 \pm 0,8 a	0,6 \pm 0,2 a	1,6 \pm 0,4 a
Hotrienol (μ g/L)	19,9 \pm 2,6 a	17,9 \pm 1,1 a	12,1 \pm 1,8 a	11,9 \pm 0,8 a

Tabelle 4-13: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität verschiedener Aromastoffe. Einfaktorielle Bewertung des Jahres zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Düngung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Bestimmtheitsmaß der linearen Regression zwischen Aromastoff und AS-N im Most. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell					
	Jahr	Düngung	Bewässerung	D × B	Rest	Gesamt-AS
Ester	r ²					
Isoamylacetat	0,0	52,7 ***	19,6 ***	9,3 *	18,4	0,81 ***
Buttersäureethylester	24,7 **	39,0 ***	3,3	7,8	25,2	0,27 ***
Hexansäureethylester	36,3 ***	25,2 **	7,0	10,1	21,4	0,14 **
Decansäureethylester	3,7	0,0	15,9	15,6	64,8	0,002
Milchsäureethylester	15,3 *	7,4	27,3 *	10,0	40,0	0,10 *
Diethylsuccinat	0,3	41,8 ***	16,0 **	15,1 *	26,9	- 0,43 ***
Höhere Alkohole						
3-Methylbutanol	76,4 ***	7,3	5,3	4,0	7,1	- 0,01
Isobutanol	69,3 ***	0,0	6,5	3,3	20,9	0,03
1-Butanol	53,8 ***	12,4 *	16,6	2,7	14,6	0,07 *
2,3-Butandiol	23,5 **	10,7	14,8	6,2	44,9	0,13 **
Methionol	57,1 ***	0,5	19,7	2,1	20,5	- 0,02
Hexanol	46,1 ***	1,4	9,2	5,9	37,4	- 0,01
Fettsäuren						
Buttersäure	31,7 ***	12,5 *	8,9	15,9	31,0	0,21 ***
Hexansäure	25,4 ***	37,2 ***	2,8	12,6	22,0	0,39 ***
Octansäure	48,0 ***	28,6 ***	0,5	8,2	14,6	0,30 ***
Decansäure	88,9 ***	2,0 ***	0,8	1,9	6,4	0,06
Terpene						
α-Terpineol	82,3 ***	0,0	5,2	1,4	10,9	0,03
Hotrienol	78,2 ***	0,8	7,7	17,1	17,3	0,004

4.1.1.14 Skatol

Der **Jahrgang** 2008 unterschied sich signifikant von den beiden anderen Versuchsjahrgängen. In diesem Jahrgang war kein Skatol im Wein nachweisbar.

Der Einfluss der **Düngung** und **Bewässerung** an der Gesamtvariabilität der Skatolkonzentration waren sehr gering und nicht signifikant.

Tabelle 4-14: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Skatol-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	63,6	39,3 ***	67,9 **	76,0 ***
Düngung	0,5	0,2		
Bewässerung	0,4	0,1	2,7	3,0
Düngung \times Bewässerung	2,4	0,3		
Rest	33,0		29,4	21,0

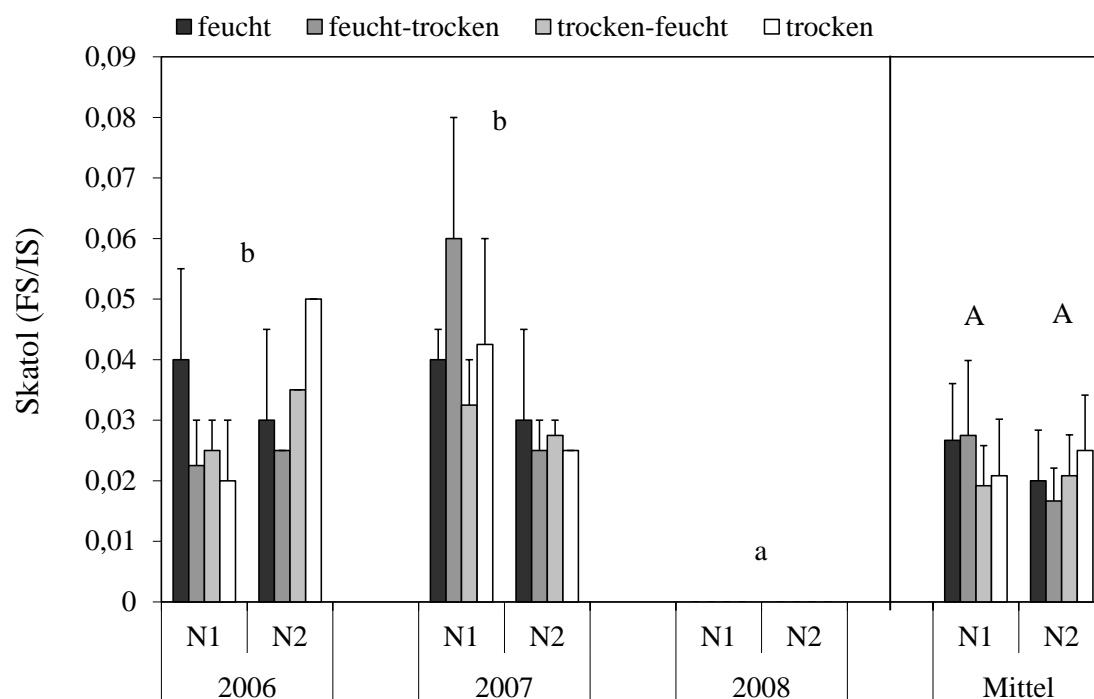


Abbildung 4-14: Skatol-Konzentration (FS/IS) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt.

4.1.1.15 Indol

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Gesamtvariabilität der Indol-Konzentration lag bei 42% und war höchstsignifikant. Der Jahrgang 2007 zeigte die höchste Indol-Konzentration.

Der Einfluss der **Düngung** an der Gesamtvariabilität der Indol-Konzentration im Wein lag bei 8% und der der **Bewässerung** bei 0,3%. Bei beiden lag keine Signifikanz vor. Im Mittel zeigte die Düngestufe N2 eine Konzentration von 0,3 µg/L und die Düngestufe N1 wies Konzentrationen von 0,2 µg/L auf.

Durch die unterschiedliche **Bewässerung** konnte im Mittel über die Jahre in keiner der beiden Düngestufen ein signifikanter Unterschied gefunden werden.

Tabelle 4-15: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Indol-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	41,5	16,0 ***	35,9 **	54,7 ***
Düngung	8,3	3,9		
Bewässerung	0,3	0,0	10,1	4,9
Düngung × Bewässerung	6,1	0,9		
Rest	43,9		54,0	40,4

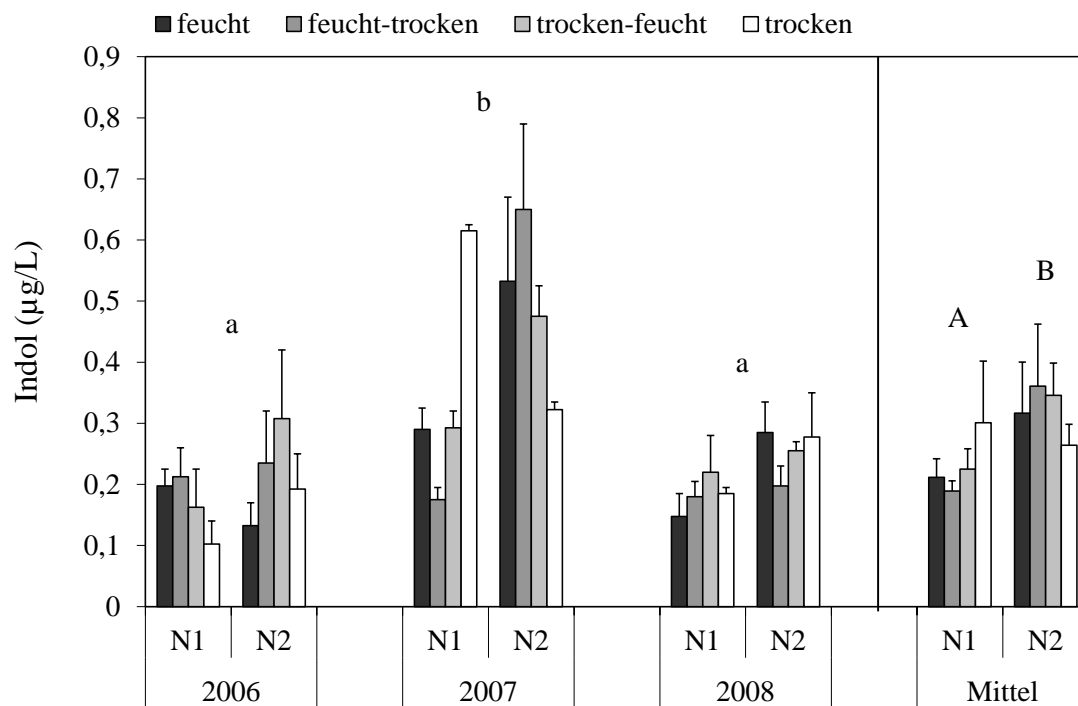


Abbildung 4-15: Indol-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Dünge­stufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt.

4.1.1.16 Anthranilsäuremethylester

Der Einfluss des Jahrgangs auf die Gesamtvariabilität der ASME-Konzentration lag bei 29% und war signifikant, wobei bei den einzelnen Düngungsvarianten nur bei der Dünge­stufe N2 ein signifikanter Einfluss vorlag. Die ASME-Konzentrationen lagen 2007 bei 0,58 $\mu\text{g/L}$, 2008 bei 0,17 $\mu\text{g/L}$ und 2006 bei 0,15 $\mu\text{g/L}$ und unterschieden sich im Jahr 2007 signifikant von den anderen Versuchsjahren.

Die **Düngung** und **Bewässerung** übten mit 3% bzw. 9% nur einen geringen, nicht signifi­kanten Anteil an der Gesamtvariabilität auf. Auffallend sind die hohen ASME-Konzentrationen bei der Dünge­stufe N2 im Jahr 2007.

Tabelle 4-16: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der ASME-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	28,7	9,1 ***	4,3	87,3 ***
Düngung	2,9	1,4		
Bewässerung	8,7	1,4	23,9	3,4
Düngung \times Bewässerung	3,4	0,5		
Rest	56,3		71,7	9,4

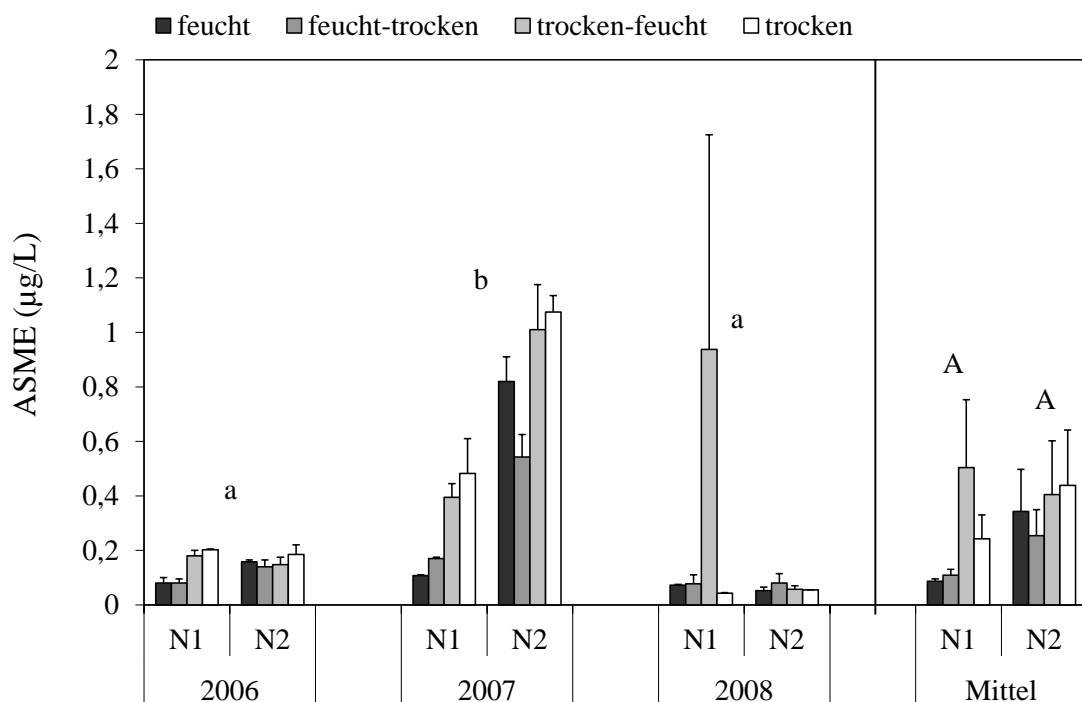


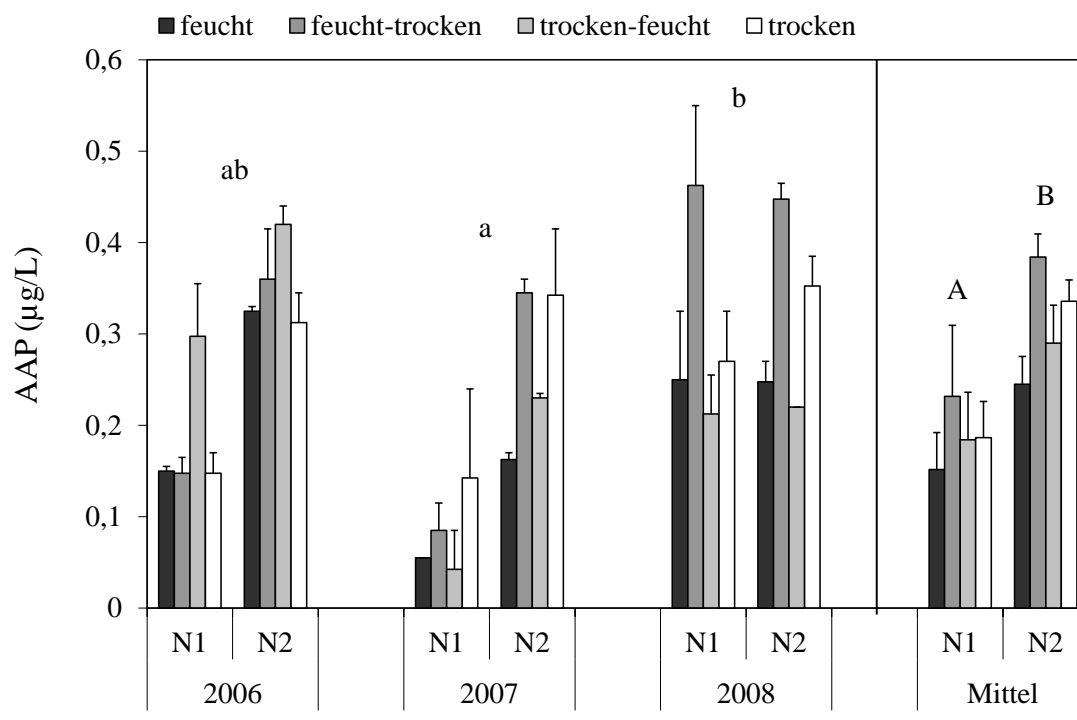
Abbildung 4-16: ASME-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt.

4.1.1.17 2-Aminoacetophenon

Bei den Düngungs- und Bewässerungsvarianten lag die Konzentration im Mittel 2006 bei $0,27 \mu\text{g/L}$, 2007 bei $0,18 \mu\text{g/L}$ und 2008 mit $0,31 \mu\text{g/L}$. Das Jahr 2008 unterschied sich signifikant von 2007 mit den geringsten Konzentrationen.

Tabelle 4-17: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der AAP-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	19,6	5,6 **	50,0 ***	15,9
Düngung	25,2	15,9 ***		
Bewässerung	10,2	2,1	5,1	35,9 *
Düngung \times Bewässerung	1,1	0,2		
Rest	43,7		44,8	48,2



feucht	a	ab
feucht-trocken	ab	b
trocken-feucht	ab	ab
trocken	ab	ab

Abbildung 4-17: AAP-Konzentration (µg/L) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

Die **Düngung** hatte einen Anteil von 25% an der Gesamtvariabilität und war hochsignifikant. Die Düngestufe N1 wies im Mittel über alle drei Versuchsjahre eine AAP-Konzentration von 0,19 µg/L auf, während die N2 0,31 µg/L zeigte.

Mit 10% war der **Bewässerungseinfluss** an der Gesamtvariabilität beteiligt und nicht signifikant. Jedoch war bei der Düngestufe N2 ein signifikanter Einfluss von 36% an der Gesamtvariabilität der AAP-Konzentration zu beobachten, während bei der Düngestufe N1 die Bewässerung keinen signifikanten Einfluss hatte. Bei der Berechnung mit dem Post-hoc-Test zeigte sich kein signifikanter Unterschied der Variante „N2 feucht-trocken“ im Vergleich zu den anderen Bewässerungsvarianten.

4.1.2 Einfluss der Strahlung beim Gefäßversuch

4.1.2.1 Traubenertrag

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Gesamtvariabilität des Ertrags betrug 82% bei den Strahlungsvarianten

Die **Strahlung** hatte mit 0,7% nur einen geringen und nicht signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität des Traubenertrags.

Tabelle 4-18: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Traubenertrags. Einfaktorielle Bewertung der Strahlung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	zweifaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert
Jahr	81,6	140,0 ***
Strahlung	0,7	0,6
Jahr \times Strahlung	4,5	1,9
Rest	13,1	

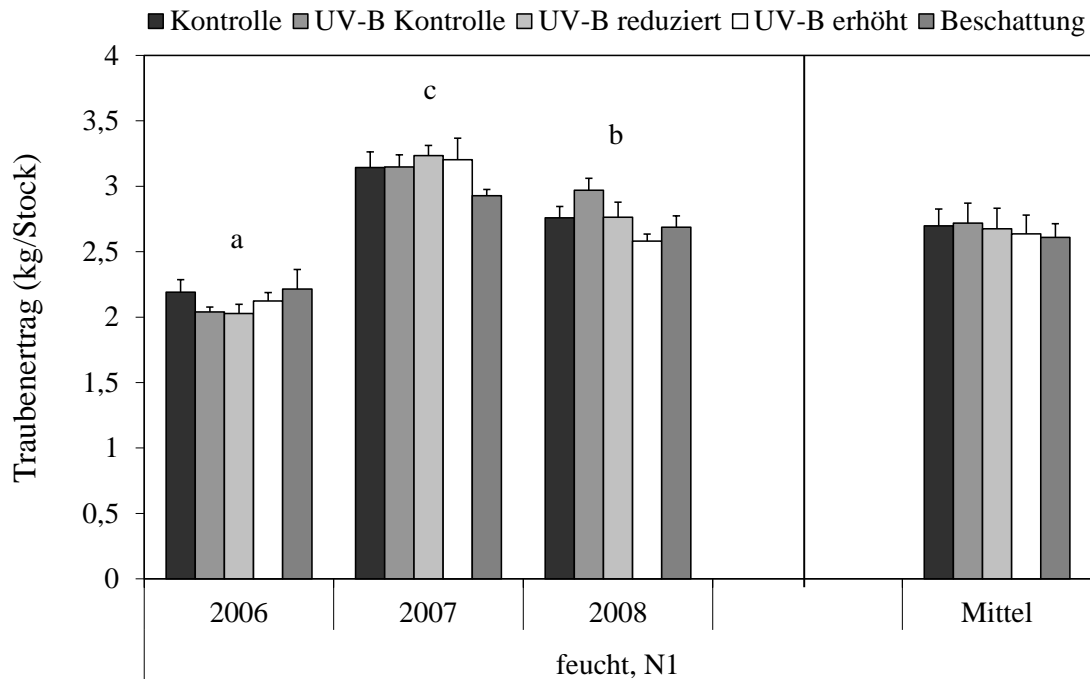


Abbildung 4-18: Traubenertrag (kg/Stock) der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 4$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.1.2.2 Traubenfarbe

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Traubenfarbe betrug 28% und war signifikant. Im Mittel zeigte der Jahrgang 2007 eine grünere Farbe als die Jahrgänge 2006 und 2008.

Auf die Gesamtvariabilität der Traubenfarbe hatte die **Strahlung** einen signifikanten Einfluss von 48%. Die Variante UV-B erhöht unterschied sich im Jahr 2006 von der Variante Beschattung und in den Jahren 2007 und 2008 signifikant von allen anderen Strahlungsvarianten und zeigte die geringste Grünfärbung.

Tabelle 4-19: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Traubenfarbe. Einfaktorielle Bewertung der Strahlung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	zweifaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert
Jahr	28,2	31,8 ***
Strahlung	47,9	27,0 ***
Jahr \times Strahlung	3,9	1,1
Rest	20,0	

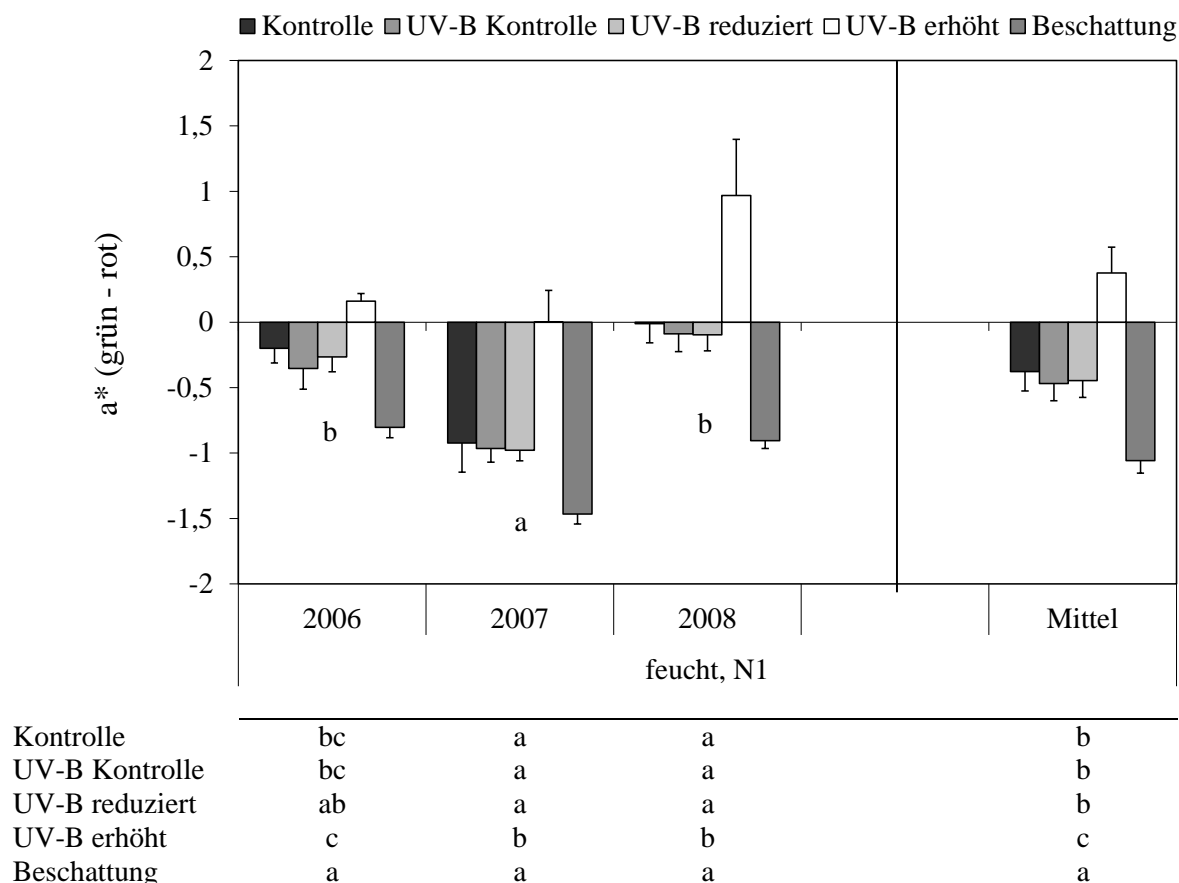


Abbildung 4-19: Traubenfarbe der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 4$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

4.1.2.3 Malondialdehyd

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Konzentration an Malondialdehyd im Blatt betrug 88% bei den Strahlungsvarianten

Sowohl bei den Strahlungsvarianten als auch bei den Düngungs- und Bewässerungsvarianten zeigte der Jahrgang 2006 signifikant höhere Konzentrationen im Vergleich zu 2007.

Die **Strahlung** hatte einen signifikanten Einfluss von 3% an der Gesamtvariabilität. Der Post-Hoc-Test brachte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Varianten.

Tabelle 4-20: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität von Malondialdehyd in Blättern. Einfaktorielle Bewertung der Strahlung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	zweifaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert
Jahr	88,0	342,3 ***
Strahlung	3,0	2,9 *
Jahr \times Strahlung	1,3	2,1
Rest	7,7	

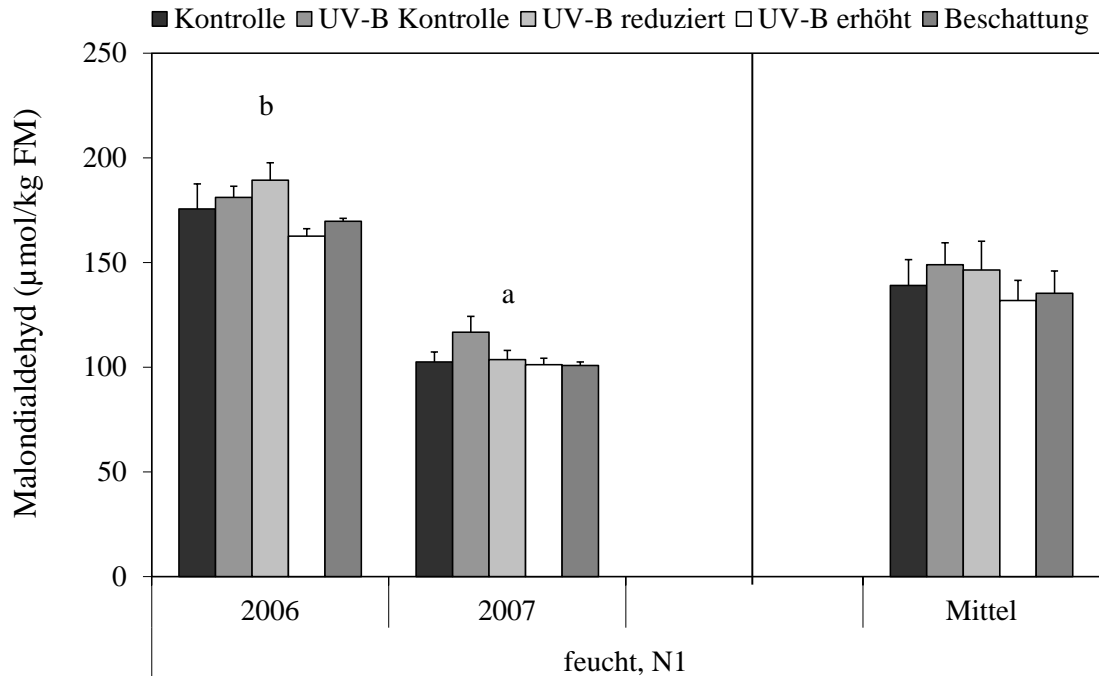


Abbildung 4-20: Malondialdehyd ($\mu\text{mol/kg FM}$) in Blättern der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 4$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.1.2.4 Gesamt-Aminosäuren in Most und Wein

Most

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Gesamtvariabilität lag bei den Strahlungsvarianten bei 92%. Es ist im Mittel eine Abnahme von 133 mg/L im Jahr 2006 auf 31 mg/L im Jahr 2008 zu beobachten.

Die **Strahlung** hatte einen nicht signifikanten Einfluss von 3% auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-AS im Most.

Wein

Bei den Strahlungsvarianten hatte der Jahrgang einen signifikanten Einfluss von 91% auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-AS im Wein. Der **Jahrgang** 2006 unterschied sich signifikant von den Versuchsjahren 2007 und 2008. Es war eine Abnahme von 33 mg/L (2006) auf 1 mg/L (2008) zu beobachten.

Die **Strahlung** hatte im Mittel über alle Versuchsjahre keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamt-AS-Konzentration im Wein. Der Anteil der Strahlung an der Gesamtvariabilität der Gesamt-AS-Konzentration lag bei 1,4%.

Termin

Der Termin hatte einen signifikanten Einfluss auf die Gesamt-AS-Konzentration im Wein. In allen drei Jahren kam es zu einer signifikanten Abnahme von Most zu Wein. Im Jahr 2006 nahm die Konzentration im Mittel über alle Varianten von 133 mg N/L auf 33 mg N/L, im Jahr 2007 von 63 mg N/L auf 2 mg N/L und im Jahr 2008 von 31 mg N/L auf 1 mg N/L ab.

Damit nahm die Gesamt-AS-Konzentration im Jahr 2006 um 75% im Jahr 2007 um 97% und im Jahr 2008 um 96% während der Gärung ab.

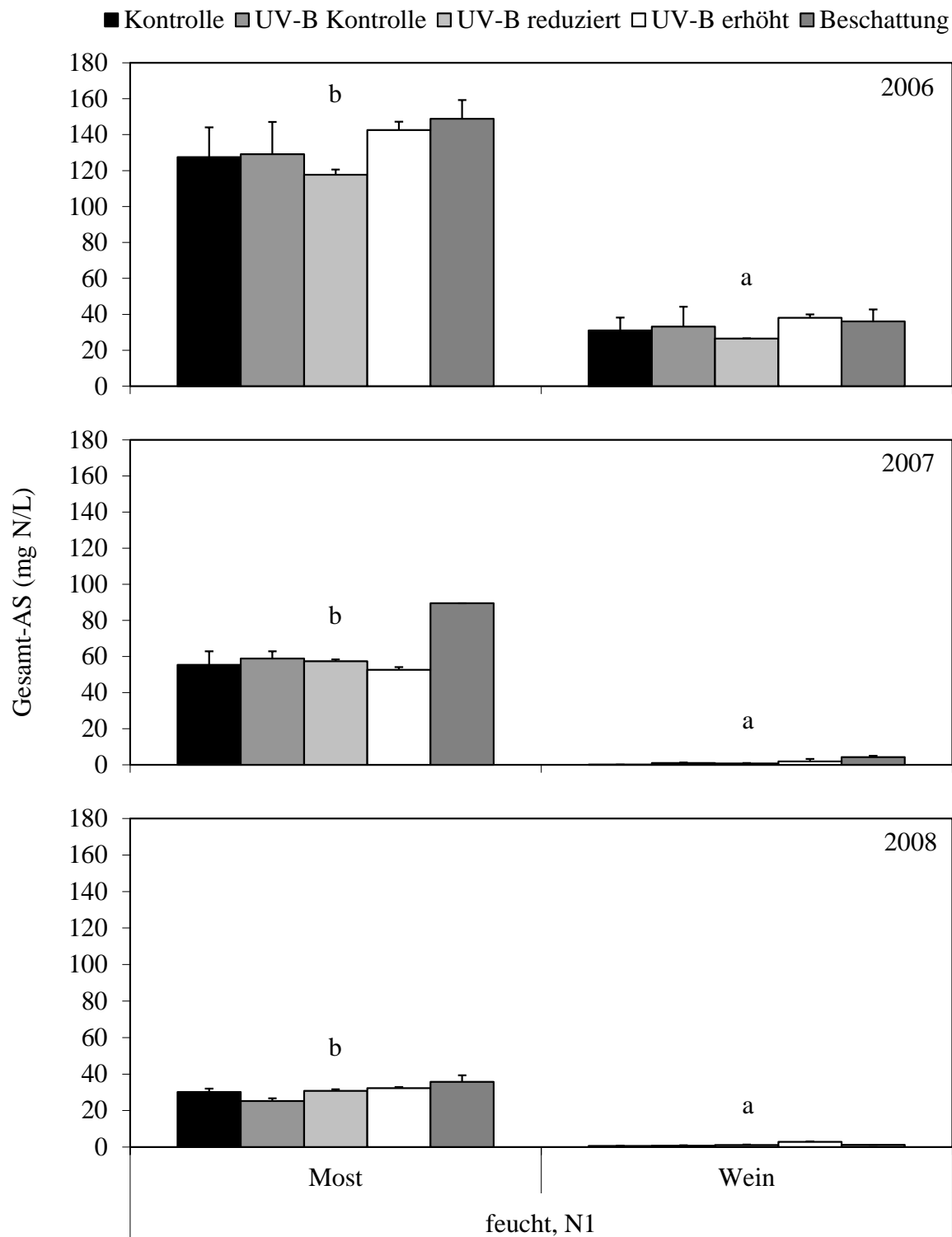


Abbildung 4-21: Gesamt-AS-Konzentration (mg N/L) in Most und Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Tabelle 4-21: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-AS-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung von Jahr und Strahlung sowie der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

		einfaktoriell	
		Anteilsziffer	F-Wert
Most	Jahr	91,9	152,3 ***
	Strahlung	3,4	0,2
	Rest	4,7	
Wein	Jahr	91,2	140,7 ***
	Strahlung	1,4	0,1
	Rest	7,4	

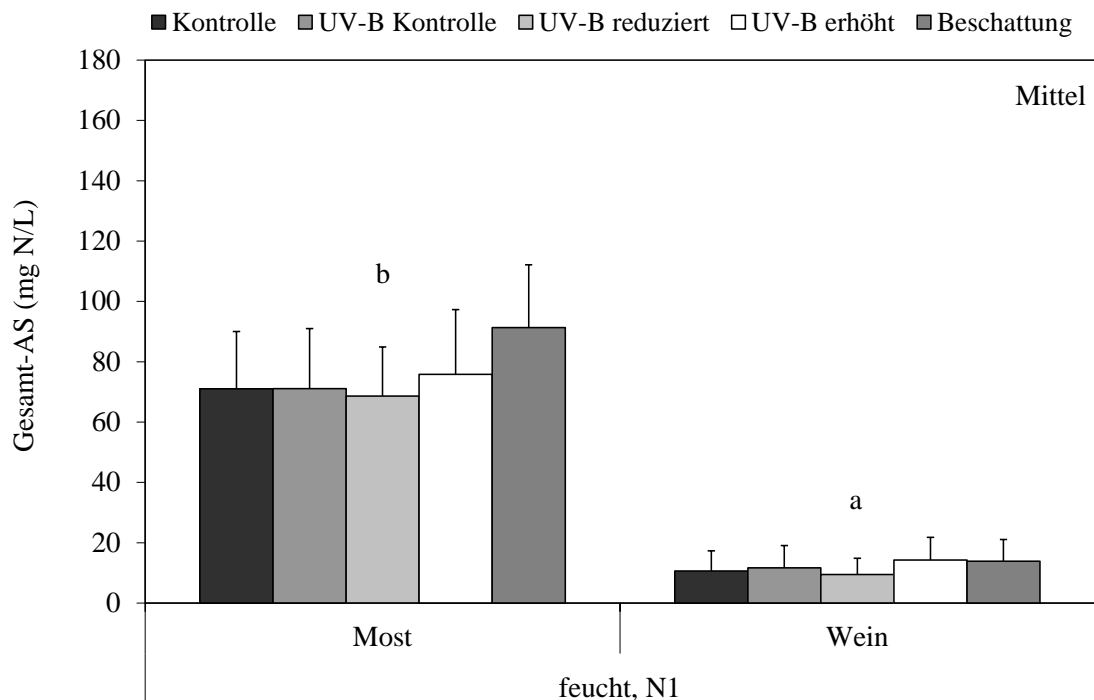


Abbildung 4-22: Gesamt-AS-Konzentration (mg N/L) in Most und Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 6$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.1.2.5 Skatol

Der **Jahrgang** 2008 unterschied sich signifikant von den beiden anderen Versuchsjahrgängen. In diesem Jahrgang war kein Skatol im Wein nachweisbar.

Die **Strahlung** hatte einen Anteil von 1,2 % an der Gesamtvariabilität der Skatol-Konzentration im Wein und war nicht signifikant.

Tabelle 4-22: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Skatol-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung von Jahr und Strahlung sowie der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert
Jahr	65,4	25,5 ***
Strahlung	1,2	0,1
Rest	33,5	

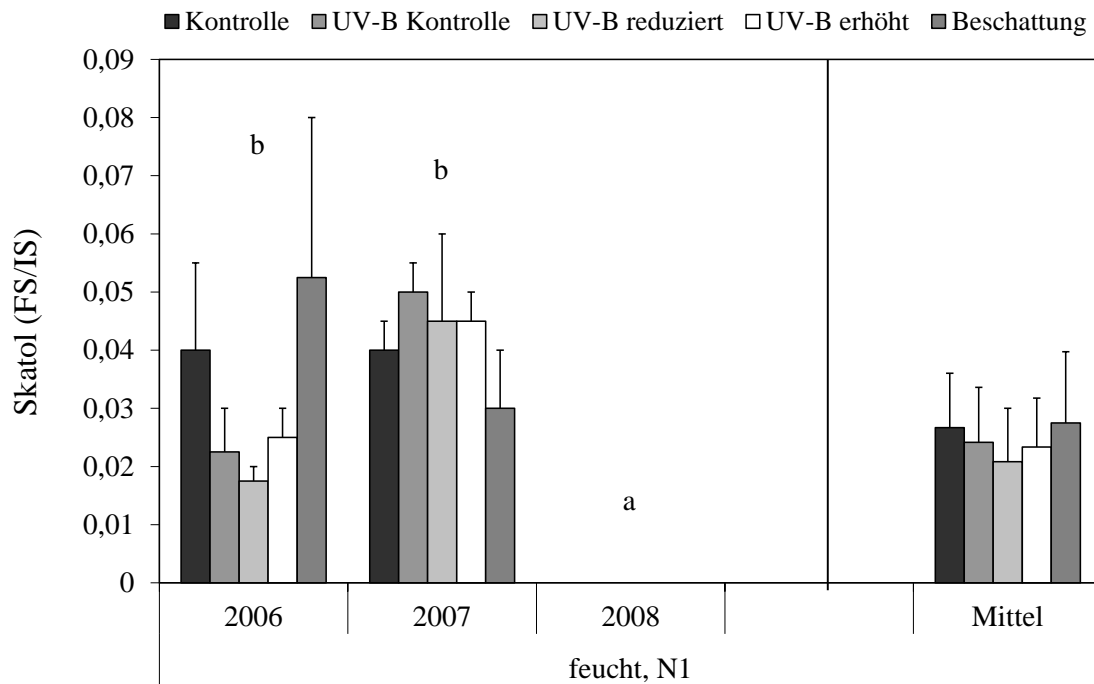


Abbildung 4-23: Skatol-Konzentration (FS/IS) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.1.2.6 Indol

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Gesamtvariabilität der Indol-Konzentration lag bei den Strahlungsvarianten bei 22% und war signifikant. Bei den Strahlungsvarianten unterschied sich der Jahrgang 2007 mit 0,25 $\mu\text{g/L}$ signifikant von 2008 mit 0,16 $\mu\text{g/L}$. Der Jahrgang 2006 wies Konzentrationen von 0,19 $\mu\text{g/L}$ auf.

Der **Strahlungseinfluss** war im Mittel über alle Jahre nicht signifikant. Die Variante UV-B erhöht zeigte im Mittel über alle Versuchsjahre tendenziell geringere Indol-Konzentrationen, was jedoch nicht abzusichern war.

Tabelle 4-23: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Indol-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung von Jahr und Strahlung sowie der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert
Jahr	22,1	3,8 *
Strahlung	18,3	1,4
Rest	59,6	

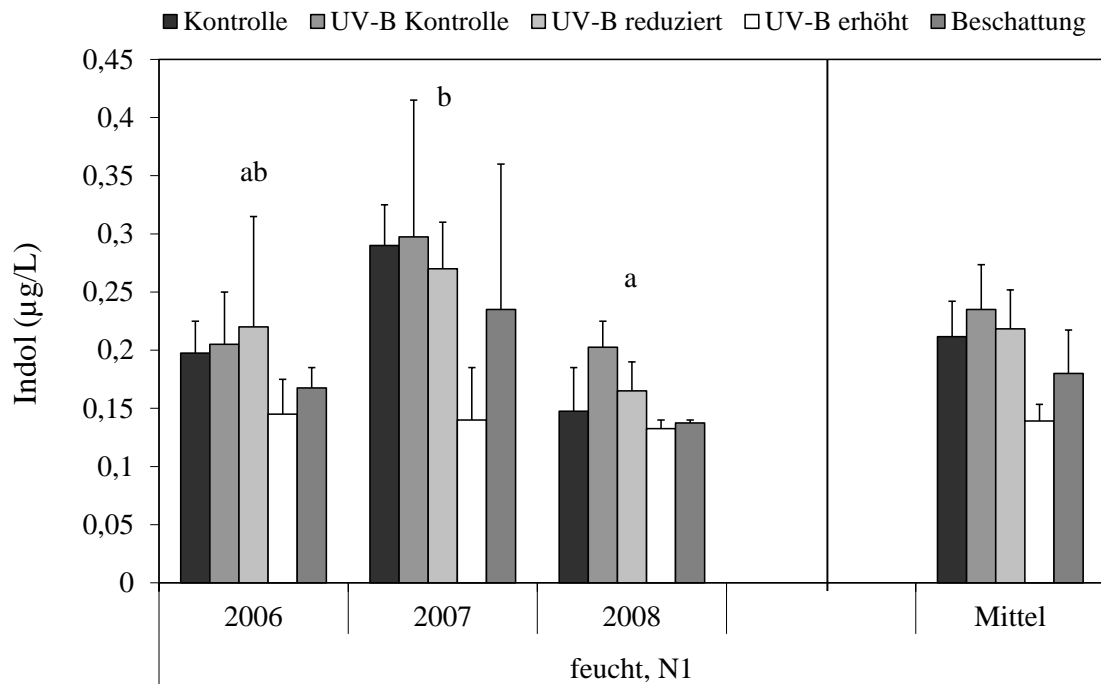


Abbildung 4-24: Indol-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.1.2.7 Anthranilsäuremethylester

Die ASME-Konzentration zeigte bei den Strahlungsvarianten keine signifikanten **Jahrgangsunterschiede**. Die geringsten Konzentrationen wies das Jahr 2006 mit $0,11 \mu\text{g/L}$ auf, gefolgt von 2007 mit $0,12 \mu\text{g/L}$ und 2008 mit den höchsten Konzentrationen von $0,16 \mu\text{g/L}$.

Die ASME-Konzentration im Wein wurde zu 21% durch die **Strahlung** beeinflusst, wobei keine Signifikanz vorlag. Tendenziell zeigte die Variante Beschattung etwas höhere ASME-Konzentrationen.

Tabelle 4-24: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der ASME-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung von Jahr und Strahlung sowie der Rest-

streuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert
Jahr	2,4	0,3
Strahlung	20,6	1,6
Rest	76,9	

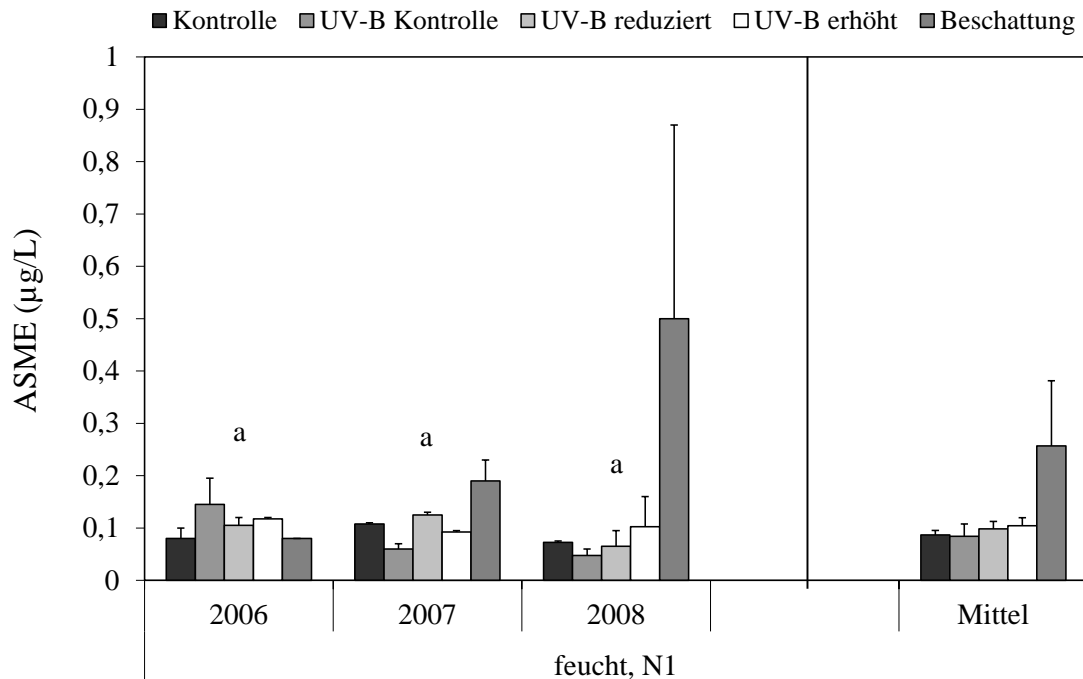


Abbildung 4-25: ASME-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.1.2.8 2-Aminoacetophenon

Mit einem Anteil von 84% hatte der **Jahrgang** einen signifikanten Einfluss an der Gesamtvariabilität der der AAP-Konzentration. Der Jahrgang 2008 zeigte mit $0,30 \mu\text{g/L}$ im Mittel die höchsten Konzentrationen, das Jahr 2006 wies $0,17 \mu\text{g/L}$ auf und 2008 zeigte die geringsten Konzentrationen mit $0,05 \mu\text{g/L}$.

Der **Strahlungseinfluss** hatte an der Gesamtvariabilität einen Anteil von 5% und war nicht signifikant. Durch die Strahlung konnten keine absicherbaren Unterschiede zwischen den Varianten gefunden werden.

Tabelle 4-25: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der AAP-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung von Jahr und Strahlung sowie der Rest-

streuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert
Jahr	83,8	70,0 ***
Strahlung	5,2	0,3
Rest	11,0	

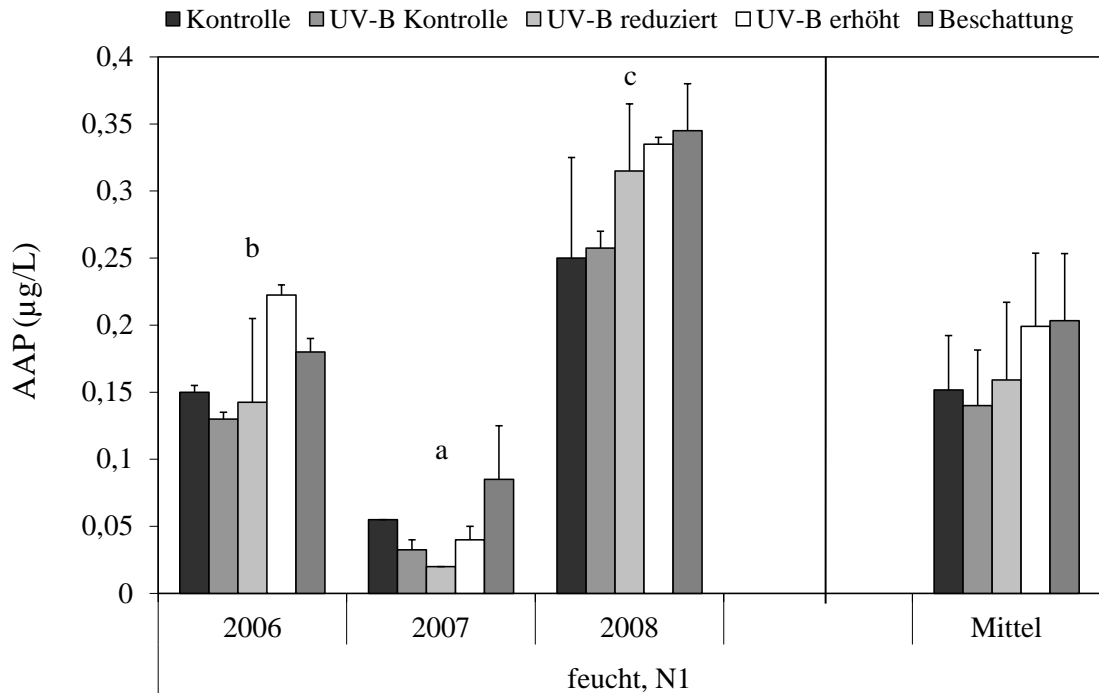


Abbildung 4-26: AAP-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.1.3 Zusammenhang zwischen Messparametern beim Gefäßversuch

4.1.3.1 Aminosäure-N und weitere Stickstoff-Parameter

Gesamt - AS-reduzierende Zucker: Zwischen der Gesamt-AS-Konzentration und dem reduzierenden Zucker im Wein bestand ein hochsignifikanter Zusammenhang. Mit steigenden Gesamt-AS-Konzentrationen im Most waren abnehmende Konzentrationen an reduzierendem Zucker zu beobachten. Unter einer Gesamt-AS-Konzentration von 120 mg/L war ein Durchgären des Weines nicht mehr gewährleistet.

Gesamt - AS-Gärdauer: Ebenfalls stark abhängig von den Gesamt-AS im Most ist die Gärdauer. Bei den hochgedüngten Varianten N2 lag die Gärdauer bei max. neun Tagen,

während sich bei den niedrig gedüngten Varianten N1 im Jahr 2008 die Gärung bis auf 43 Tage verlängerte.

Gesamt - AS in Most-Gesamt-AS Abnahme: Die Konzentration der Gesamt-AS im Most hatte einen signifikanten Einfluss auf die prozentuale Gesamt-AS Abnahme während der Gärung. Bei sehr geringen Gesamt-AS-Konzentrationen war eine Abnahme von nahezu 100% zu beobachten. Im Mittel über alle drei Versuchsjahre war bei der Düngestufe N1 eine Abnahme von 88% und bei der Düngestufe von 74% zu beobachten.

Gesamt-AS in Most - Prolinabnahme: Die Abnahme von Prolin während der Gärung war sehr stark von der Gesamt-AS-Konzentration im Most abhängig. Ab einer Konzentration von 120 mg/L Gesamt-AS war eine Abnahme von Prolin zu beobachten. Wenn die Gesamt-AS-Konzentration im Most hoch genug war, führte diese zu einer prozentualen Zunahme von Prolin während der Gärung.

Tabelle 4-26: Bestimmtheitsmaß r^2 bei den Gesamt-N-Konzentrationen und N-Tester-Werten (65°Oe) als abhängige Variable und AS-N als unabhängige Variable. (n = 144) (Gesamt-N Wein und Gesamt AS Wein: n = 144) (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	Gesamt-N Beeren	Gesamt-N Most	Gesamt-N Holz	Gesamt-N Blatt	N- Tester	Gesamt-N Wein	Gesamt- AS-N Wein
	(mg N/kg)	(mg N/L)	% in TS	% in TS		(mg N/L)	(mg N/L)
Linear						0,912***	0,953***
Potentiell	0,889***	0,987***	0,659***	0,808***	0,785***		

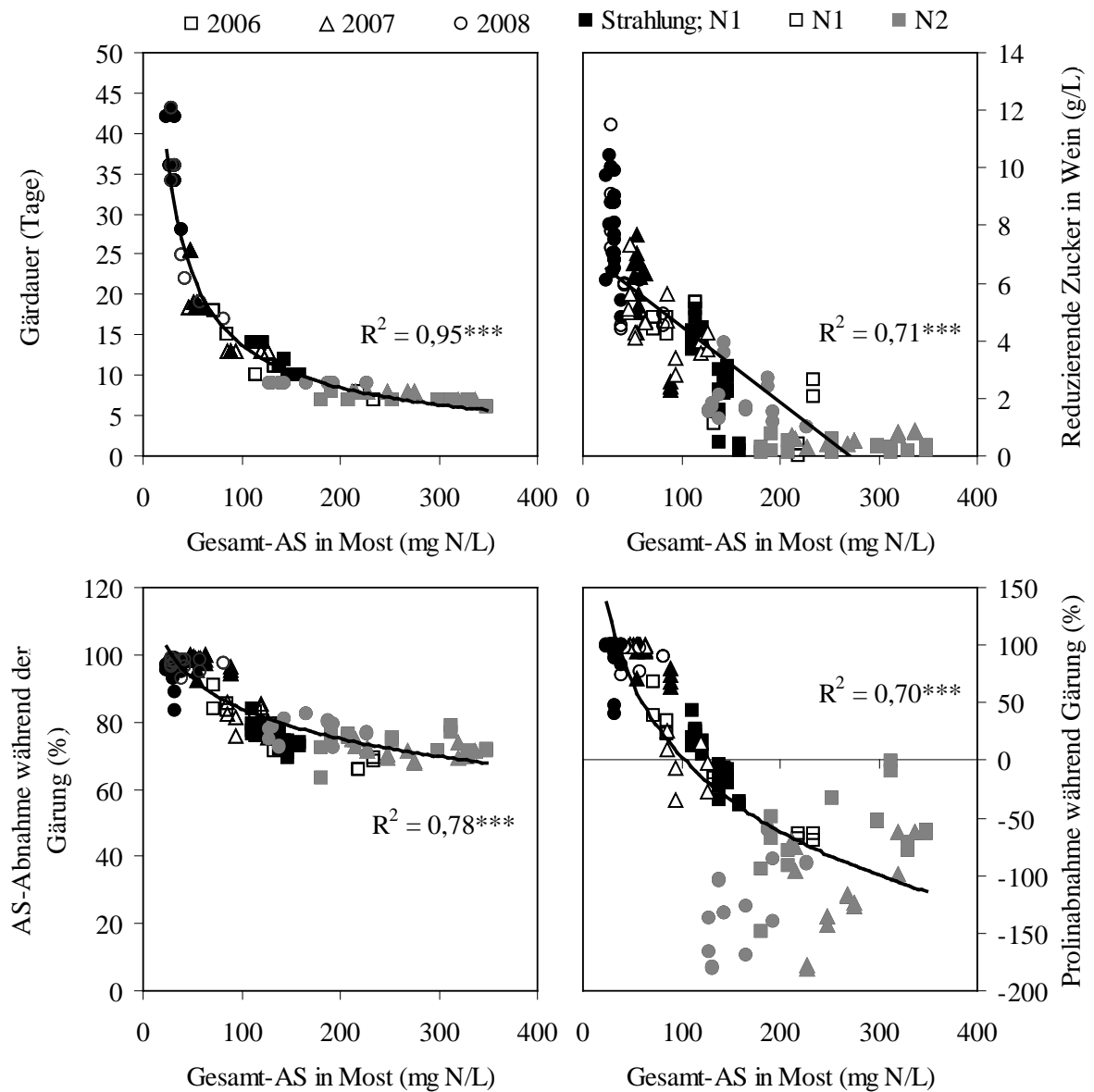


Abbildung 4-27: Zusammenhang zwischen der Gesamt-AS-Konzentration in Most und reduzierenden Zuckern (linear), der Gärdauer (potentiell), der prozentualen Gesamt-AS-Abnahme (logarithmisch) und der prozentualen Prolinabnahme (logarithmisch) während der Gärung in den Jahren 2006-2008 ($n = 144$) bei unterschiedliche Strahlung, Düngung und Bewässerung.

4.1.3.2 Zusammenhang zwischen 2-Aminoacetophenon und weiteren Parametern

Einfluss von weinbaulichen Maßnahmen

Wassergabe nach Reifebeginn - AAP: Über alle Jahre berechnet hatte das Wasserangebot nach Reifebeginn einen signifikanten negativen Zusammenhang mit der AAP-Konzentration im Wein. Der größte Zusammenhang war bei der Düngestufe N2 zu finden. Das Bestimmtheitsmaß lag hier bei 0,33 und war hochsignifikant.

Traubenertrag - AAP: Zwischen Traubenertrag und AAP gab es im Mittel über alle Versuchsjahre keinen signifikanten Zusammenhang und die Steigung war schwach negativ.

Mostgewicht - AAP: Über alle Versuchsjahre gab es zwischen dem Mostgewicht und AAP einen geringen aber signifikanten Zusammenhang. Tendenziell konnten mit steigendem Mostgewicht geringere Konzentrationen an AAP im Wein gefunden werden.

Frucht-Holz-Verhältnis - AAP: In den Versuchsjahren 2006-2008 konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Frucht-Holz-Verhältnis und AAP-Konzentration im Wein gefunden werden.

Deckungsgrad der Laubwand – AAP: Zwischen dem Deckungsgrad der Laubwand und AAP im Wein gab es über die Versuchsjahre 2006-2008 betrachtet keinen signifikanten Zusammenhang. Bei der Düngestufe N2 war ein signifikanter Zusammenhang zu beobachten der negativ war.

Gipfellaub – AAP: Die Menge an Gipfellaub hatte keinen signifikanten Einfluss auf die AAP-Konzentration im Wein.

Beerengewicht – AAP: Zwischen dem Beerengewicht und der AAP-Konzentration im Wein gab es immer einen negativen Zusammenhang. Über alle Jahre betrachtet, war der Zusammenhang signifikant. In den einzelnen Versuchsjahren lag nur im Jahr 2007 ein signifikanter Zusammenhang vor.

Malondialdehyd – AAP: Über alle Versuchsjahre betrachtet lag zwischen der Konzentration an Malondialdehyd und der AAP-Konzentration ein geringer, aber signifikanter Zusammenhang vor. Der Zusammenhang war positiv.

Befallsstärke – AAP: Zwischen der Befallsstärke mit *Botrytis cinerea* und der AAP-Konzentration im Wein lag immer ein positiver Zusammenhang vor.

Tabelle 4-27: Bestimmtheitsmaß r^2 und Steigung m bei unterschiedlichen Parametern als unabhängige Variable und AAP im Wein als abhängige Variable (n: je 48, gesamt: 144) (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

		2006- 2008	2006	2007	2008	Strah- lung	Bewäs- serung	N1	N2
Wasser- gabe	r^2	0,102 ***	0,050	0,135 *	0,099 *	0,186 ***	0,045 *	0,117 *	0,155 **
	m	-0,001	-0,001	-0,002	-0,001	-0,004	-0,001	-0,002	-0,001
Wasser vor Reifebeginn	r^2	0,029 *	0,086 *	0,024	0,065	0,135 ***	0,000	0,050	0,001
	m	-0,001	-0,002	-0,001	0,001	-0,003	0,000	0,001	0,000
Wasser nach Reifebeginn	r^2	0,089 ***	0,000	0,123 **	0,401 ***	0,000	0,084 **	0,051	0,334 ***
	m	-0,002	0,000	-0,002	-0,003	0,000	-0,002	-0,001	-0,002
Trauben- ertrag	r^2	0,011	0,000	0,220 ***	0,000	0,083 *	0,007	0,137 *	0,097 *
	m	-0,022	-0,015	0,161	-0,003	-0,082	-0,015	-0,103	-0,038
Most- gewicht	r^2	0,027 *	0,027	0,291 ***	0,255 ***	0,011	0,046	0,000	0,018
	m	-0,004	-0,009	-0,015	-0,009	0,004	-0,005	0,000	-0,002
Deckungs- grad	r^2	0,010	0,041	0,012	0,063	0,136 **	0,007	0,080	0,139 **
	m	-0,003	0,007	0,005	-0,006	-0,013	-0,003	-0,010	-0,010
Gipfellaub	r^2	0,009			0,009	0,065	0,013	0,017	0,000
	m	0,000			0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
Frucht-Holz- Verhältnis	r^2	0,015	0,001	0,139 **	0,203 **	0,111 **	0,007	0,044	0,001
	m	0,004	-0,003	0,028	0,012	0,011	0,003	0,007	-0,001
Beeren- gewicht	r^2	0,098 ***	0,041	0,106 *	0,070	0,281 ***	0,043 *	0,042	0,152 **
	m	-0,317	-0,188	-0,322	-0,241	-0,691	-0,183	-0,189	-0,257
Befalls- stärke	r^2	0,192 ***	0,166 ***	0,356 ***	0,064	0,272 ***	0,180 ***	0,230 ***	0,061
	m	0,029	0,037	0,046	0,009	0,153	0,024	0,127	0,010
Malondi- aldehyd	r^2	0,174 ***	0,000	0,266 ***		0,289 ***	0,171 ***	0,203 ***	0,220 **
	m	0,002	0,000	0,008		0,001	0,002	0,001	0,002

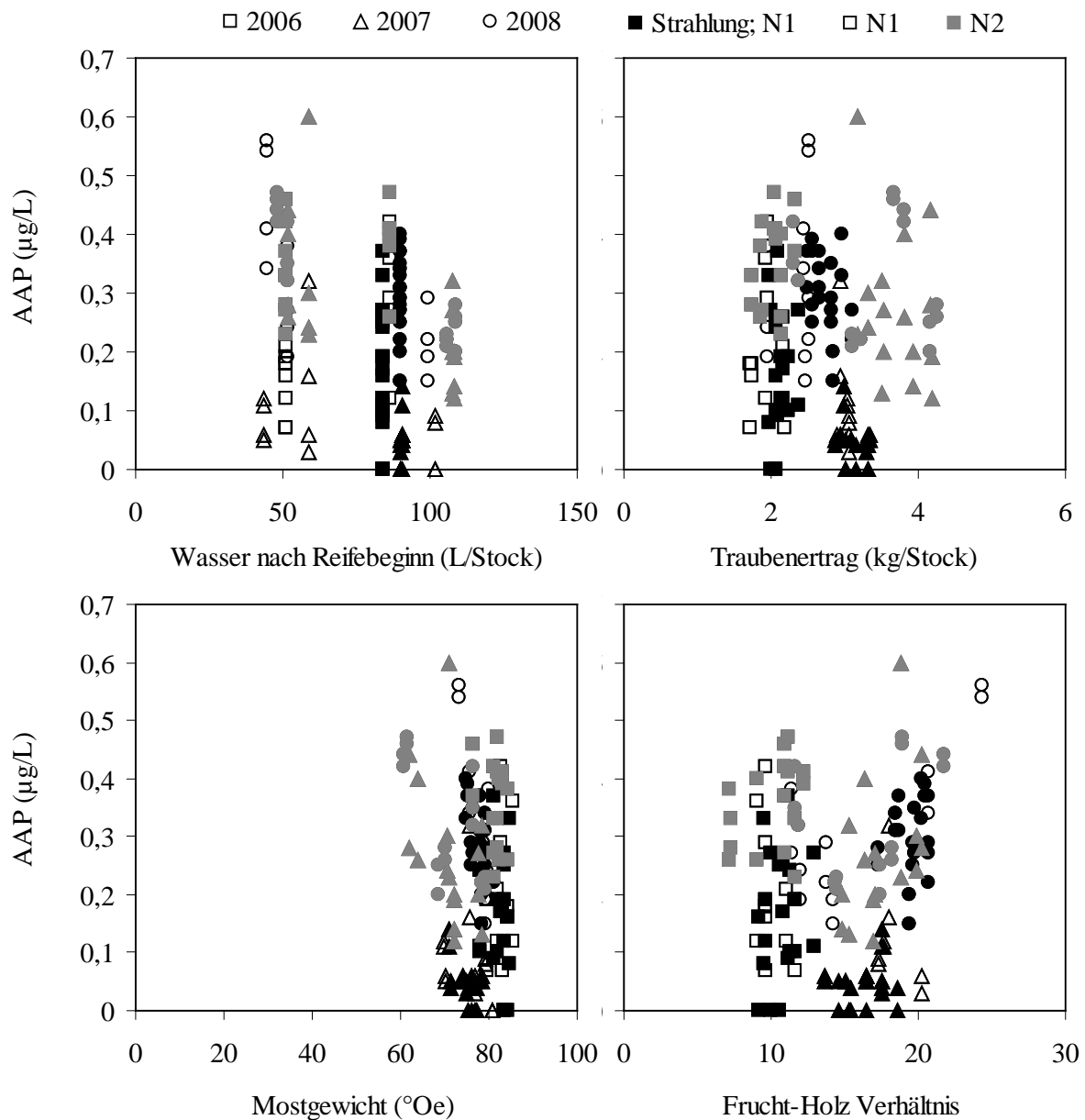


Abbildung 4-28: Zusammenhang zwischen der Wassergabe nach Reifebeginn, Traubenertrag, Mostgewicht und Frucht-Holz-Verhältnis als unabhängige Variable und AAP im Wein als abhängige Variable in den Jahren 2006-2008 ($n = 144$) bei unterschiedlicher Strahlung, Düngung und Bewässerung.

4.1.3.3 Zusammenhang zwischen AAP und der Stickstoffversorgung

In den Jahren 2006 und 2007 haben alle aufgeführten Parameter einen signifikanten Einfluss auf die AAP-Konzentration im Wein. Dies kann im Jahr 2008 nicht bestätigt werden. Auffallend ist, dass der Zusammenhang zwischen Stickstoff, unabhängig von welchem

Parameter und AAP bis auf zwei Ausnahmen (Gesamt-N und N-Schnittholz) immer positiv ist.

Tabelle 4-28: Bestimmtheitsmaß r^2 und Regressionskoeffizient m bei Stickstoffparametern im Most als unabhängige Variable und AAP im Wein als abhängige Variable (n: je 48, gesamt: 144) (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

		2006- 2008	2006	2007	2008	Strah- lung	Bewäs- serung	N1	N2
N- Dün- gung	r^2	0,199***	0,428***	0,563***	0,003		0,216***		
	m	0,003	0,004	0,004	0,000		0,003		
Gesamt- AS	r^2	0,076***	0,449***	0,436***	0,001	0,054	0,091**	0,006	0,012
	m	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Trypto- phan	r^2	0,199***	0,462***	0,385***	0,022	0,014	0,225***	0,015	0,054
	m	0,123	0,169	0,186	0,038	0,060	0,122	0,069	0,076
N- Beeren	r^2	0,023	0,407***	0,482***	0,000	0,107*	0,051*	0,040	0,005
	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gesamt-N Most	r^2	0,089***	0,463***	0,465***	0,000	0,078*	0,114***	0,011	0,000
	m	0,000	0,001	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
N- Tester	r^2	0,079***	0,266***	0,378***	0,014	0,012	0,085**	0,003	0,009
	m	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
N-Schnitt- holz	r^2	0,035*	0,378***	0,385***	0,009	0,284***	0,112***	0,062	0,016
	m	0,424	1,371	1,759	0,168	-1,541	0,707	0,975	0,297

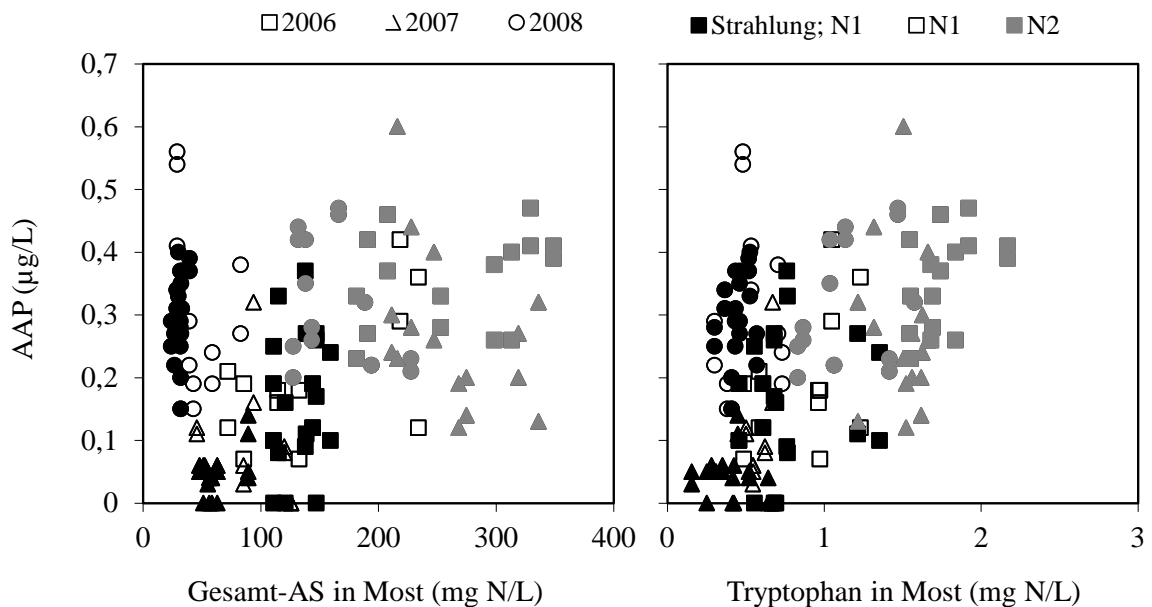


Abbildung 4-29: Zusammenhang zwischen der Gesamt-AS-Konzentration im Most und AAP im Wein als abhängige Variable in den Jahren 2006-2008 (n = 144) bei unterschiedlicher Strahlung, Düngung und Bewässerung.

4.2 Sensorische Ergebnisse

Das zweite Kapitel zeigt sensorische Ergebnisse von Weinen aus dem Gefäßversuch und eine sensorische Bewertung von Wein mit Zusatz von AAP.

4.2.1 Düngung und Bewässerung beim Gefäßversuch

4.2.1.1 Frucht

Der **Jahrgang** hatte einen signifikanten Einfluss von 63% an der Gesamtvariabilität des Attributs Frucht. Der Jahrgang 2006 unterschied sich signifikant von den beiden anderen Versuchsjahren

Die **Düngung** hatte keinen signifikanten Einfluss auch das Attribut Frucht im Wein.

Der Einfluss der **Bewässerung** war im Vergleich zur Düngung mit 7% etwas höher, jedoch konnten im Mittel auch hier keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Tendenziell wurde die Variante „N2 feucht-trocken“ schlechter bewertet als die anderen Varianten. Dies ließ sich im Mittel über alle Jahre jedoch nicht signifikant absichern.

Tabelle 4-29: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der sensorischen Bewertung des Attributs Frucht im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Bewässerung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	62,6	37,7 ***	71,5 **	61,9 ***
Düngung	1,3	0,6		
Bewässerung	7,3	1,1	8,9	14,6
Düngung \times Bewässerung	5,1	0,8		
Rest	23,7		19,6	23,5

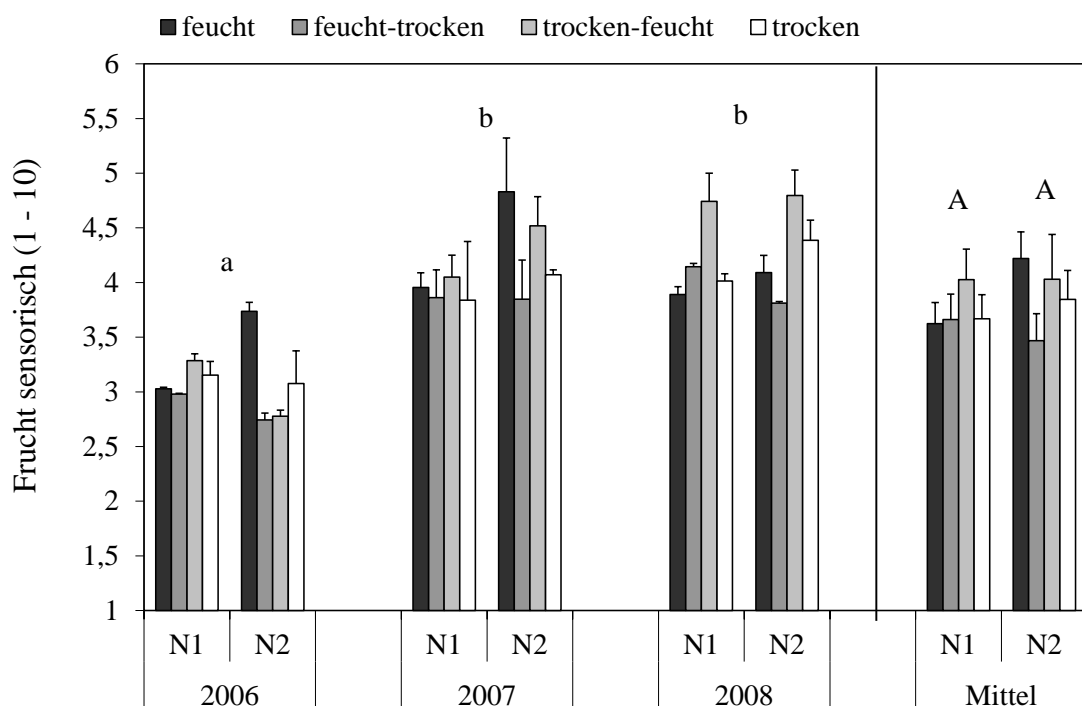


Abbildung 4-30: Sensorische Bewertung des Attributs Frucht im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt.

4.2.1.2 Bitterkeit

Das **Jahr** hatte auf die Bewertung des Attributs Bitterkeit keinen signifikanten Einfluss. Der Einfluss der **Düngung** auf die Gesamtvariabilität des Attributs Bitterkeit lag bei 14%. Im Mittel über alle Jahre und Varianten zeigte die Düngestufe N1 eine Bewertung von 4,2 und die hoch gedüngten Varianten eine Bewertung von 4,6.

Tabelle 4-30: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der sensorischen Bewertung des Attributs Bitterkeit im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Düngung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	9,6	2,4	5,0	19,7
Düngung	13,5	8,2 ***		
Bewässerung	15,0	3,0 *	29,0	18,0
Düngung \times Bewässerung	5,5	1,1		
Rest	56,5		66,0	62,3

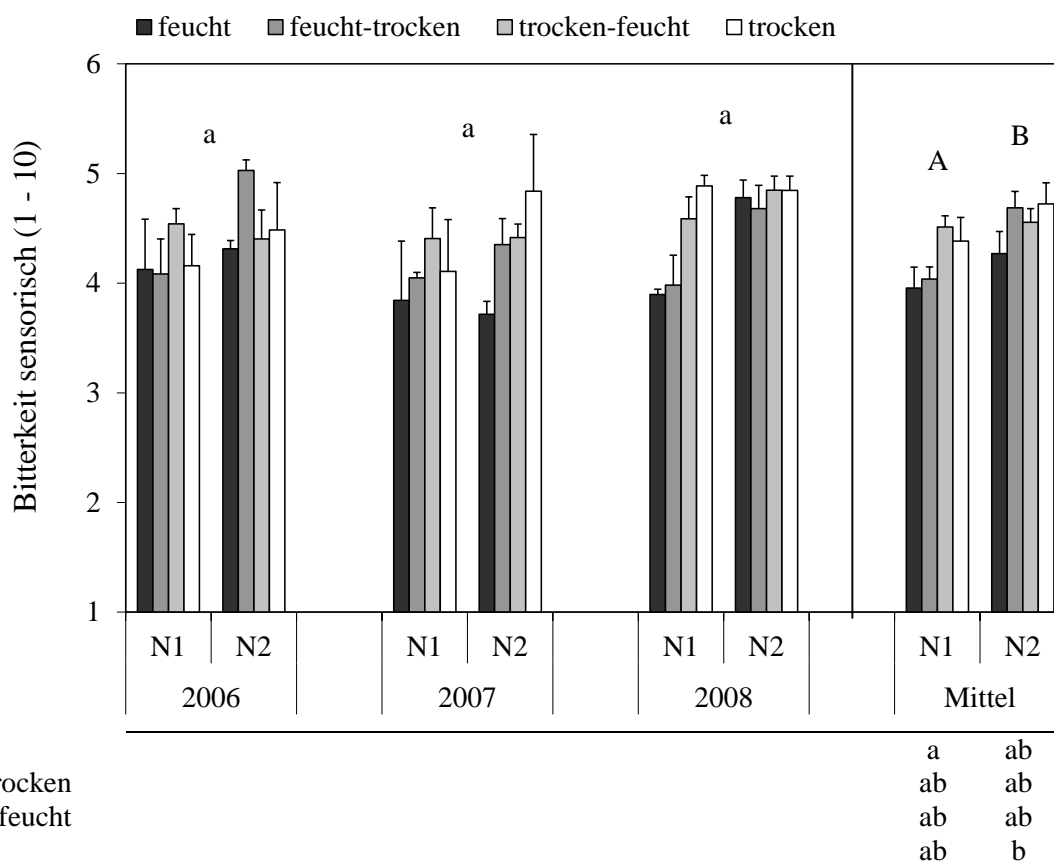


Abbildung 4-31: Sensorische Bewertung des Attributs Bitterkeit im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

Mit einem Anteil von 15% hatte die **Bewässerung** einen signifikanten Einfluss an der Gesamtvariabilität der sensorischen Bewertung des Attributs Bitterkeit. Innerhalb der Düngestufen gab es im Mittel keinen signifikanten Unterschied zwischen den Varianten. Ein signifikanter Unterschied konnte nur bei den Varianten „N2 trocken“ und „N1 feucht“ festgestellt werden.

4.2.1.3 Harmonie

Der Einfluss des **Jahrgangs** auf die Gesamtvariabilität des Attributs Harmonie lag bei den Düngungs- und Bewässerungsvarianten signifikant bei 16%. Der Einfluss des Jahrgangs war bei der Düngestufe N1 deutlicher als bei der Düngestufe N2. Hier unterschieden sich die Jahrgänge 2007 (Bewertung 3,1) und 2008 (3,6) signifikant.

Der Einfluss der **Düngung** an der Gesamtvariabilität des Attributs Harmonie lag bei 17%. Die beiden Düngestufen unterschieden sich signifikant. Die Düngestufe N1 zeigte eine Bewertung von 3,5 während die hochgedüngten Varianten mit 3,1 bewertet wurden.

Der Einfluss der **Bewässerung** auf die Gesamtvariabilität des Attributs Harmonie lag bei 11%, war jedoch nicht signifikant. Ein signifikanter Einfluss der Bewässerung konnte bei der Düngestufe N2 beobachtet werden. Auffallend war dabei, dass die Variante „N1 feucht-trocken“ eine signifikant höhere Bewertung (3,6) des Attributs Harmonie im Vergleich zur Variante „N2 feucht-trocken“ (2,6) zeigte.

Tabelle 4-31: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der sensorischen Bewertung des Attributs Harmonie im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Düngung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	16,0	4,3 *	28,9 *	14,4
Düngung	17,2	11,0 **		
Bewässerung	10,7	2,3	12,6	37,1 *
Düngung \times Bewässerung	9,5	2,0		
Rest	46,6		58,5	48,5

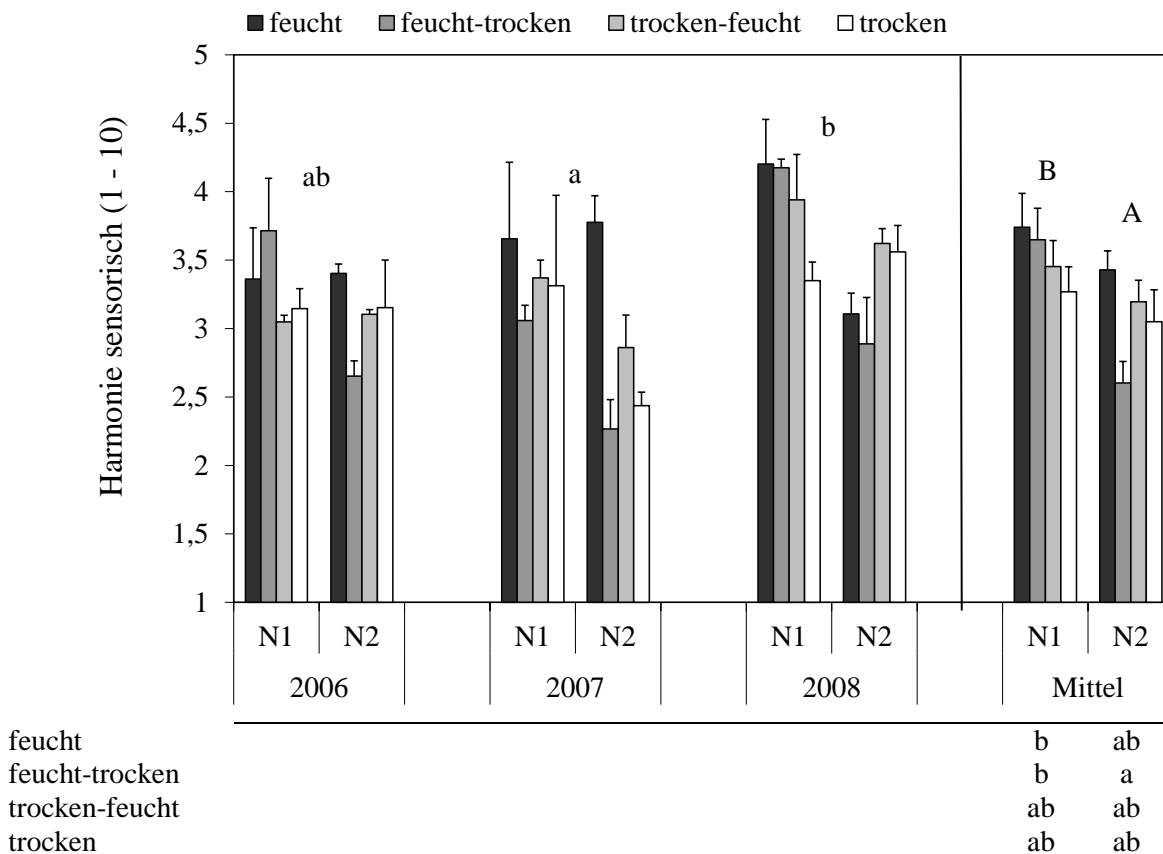


Abbildung 4-32: Sensorische Bewertung des Attributs Harmonie im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

4.2.1.4 Fehlton

Der **Jahrgang** hatte keinen signifikanten Einfluss auf die sensorische Bewertung des Attributs Fehlton.

Der **Düngungseinfluss** auf die Gesamtvariabilität der Bewertung des Attributs Fehlton lag bei 7% und war signifikant. Die Berechnung mit dem T-Test ergab keinen signifikanten Einfluss der Düngung. Die Bewertung der hoch gedüngten Varianten lag bei 4,6 und die der Düngestufe N1 bei 4,2.

Im Mittel über alle Jahre übte die **Bewässerung** mit einer Anteilsziffer von 28% einen hochsignifikanten Einfluss auf das Attribut Fehlton im Wein aus. Bei der Betrachtung der einzelnen Düngestufen war nur bei N2 ein signifikanter Einfluss der Bewässerung

festzustellen, während dies bei der N1 nicht der Fall war. Dadurch war auch die Wechselwirkung zwischen Düngung und Bewässerung zu erklären.

Tabelle 4-32: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der sensorischen Bewertung des Attributs Fehlton im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Düngung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	1,3	0,3	0,0	3,7
Düngung	6,7	5,8 *		
Bewässerung	28,3	8,1 ***	21,2	57,5 ***
Düngung \times Bewässerung	18,5	5,3 **		
Rest	45,1		78,8	38,7

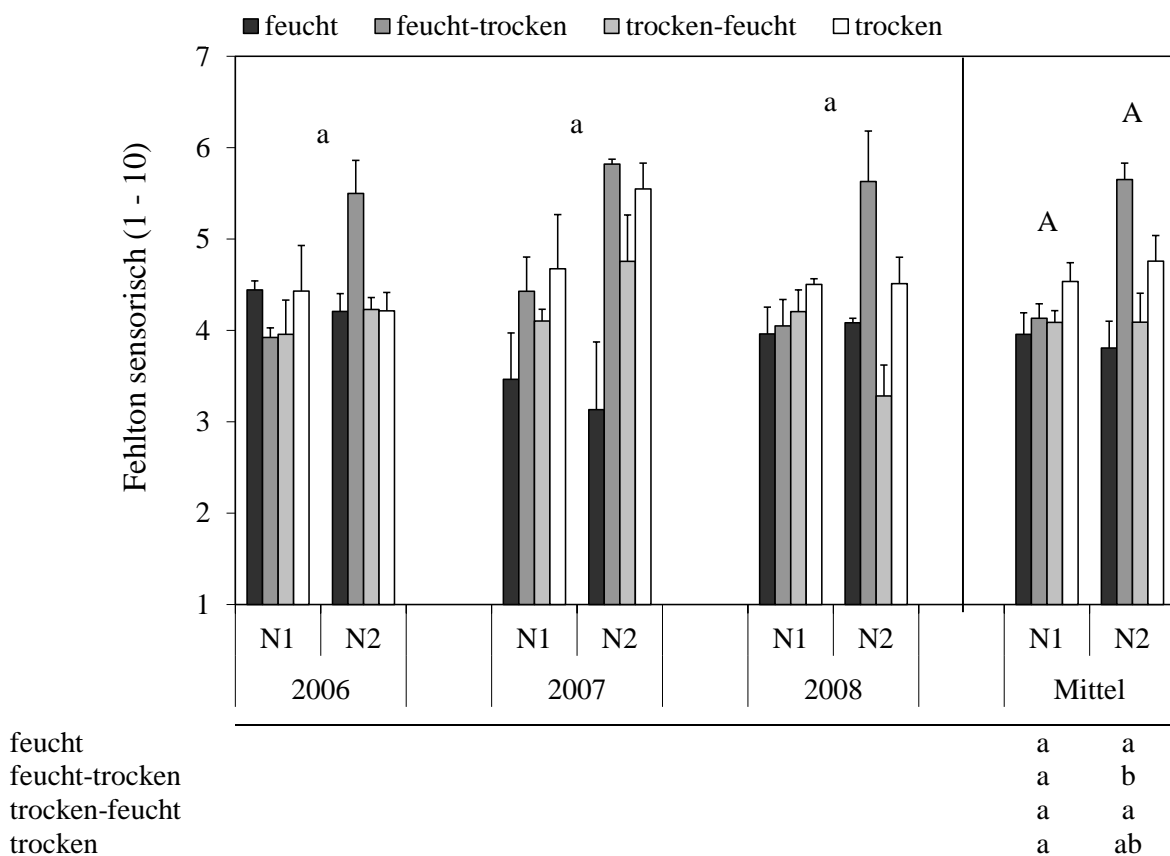


Abbildung 4-33: Sensorische Bewertung des Attributs Fehlton im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

Auffallend war die hohe Bewertung des Fehl aromas bei der Variante „N2 feucht-trocken“, die sich bis auf die Variante „N2 trocken“ von allen anderen Düngungs- und Bewässerungsvarianten signifikant unterschied. Dieser Effekt konnte bei der Variante „N1 feucht-trocken“ nicht beobachtet werden.

4.2.1.5 UTA

Das **Jahr** hatte mit 38% einen signifikanten Anteil an der Gesamtvariabilität der UTA-Bewertung. Bei den einzelnen Düngestufen zeigte nur die Stufe N2 einen signifikanten Jahrgangseinfluss, während dies bei der Düngestufe N1 nicht der Fall war. Der Jahrgang 2006 wurde im Mittel mit 4,2 bewertet, das Jahr 2007 zeigte im Mittel eine Bewertung von 3,4 bewertet und 2008 von 3,2.

Die **Düngung** zeigte mit 1,1% nur einen geringen nicht signifikanten Anteil an der Gesamtvariabilität der UTA-Bewertung auf. Die zwei Düngestufen wurden im Mittel mit 3,5 (N1) und 3,7 (N2) beurteilt.

Die **Bewässerung** hatte einen nicht signifikanten Anteil von 15% an der Gesamtvariabilität der UTA-Bewertung. Tendenziell zeigte die Variante „N2 feucht-trocken“ im Mittel über alle Jahre die höchste Bewertung des Attributs UTA im Wein.

Tabelle 4-33: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der sensorischen Bewertung des Attributs UTA im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Düngung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	38,4	14,0 ***	21,4	56,6 ***
Düngung	1,1	0,6		
Bewässerung	14,6	2,4	10,4	22,7
Düngung \times Bewässerung	4,2	0,7		
Rest	41,7		68,2	20,8

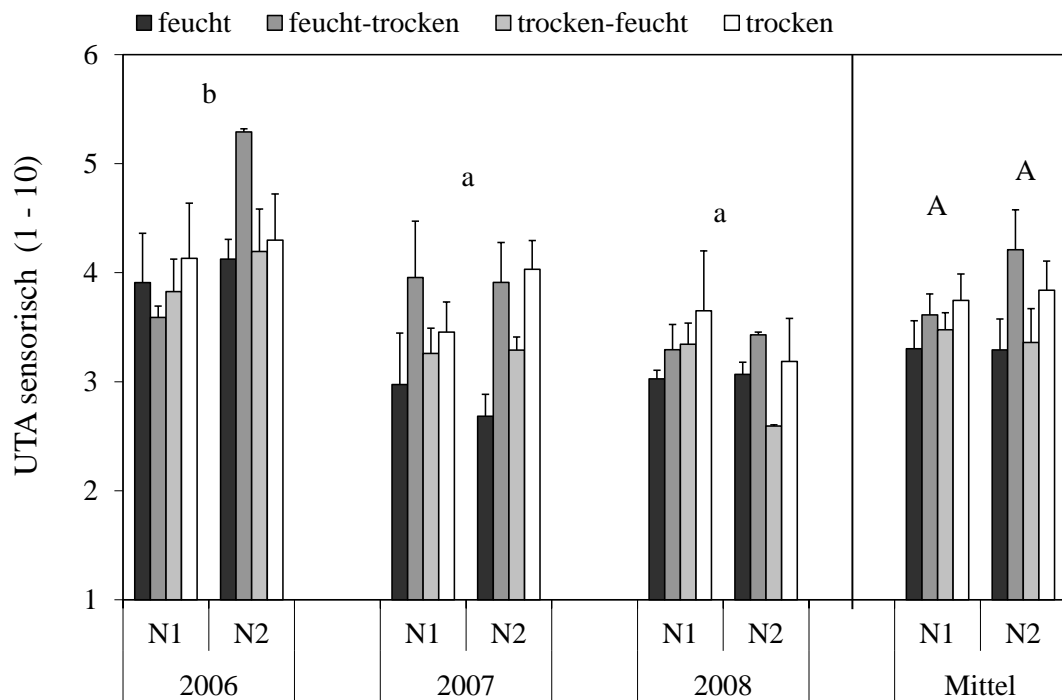


Abbildung 4-34: Sensorische Bewertung des Attributs UTA im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt.

4.2.1.6 UTA nach forcierter Alterung

Mit einem Anteil von 54% war ein signifikanter Einfluss des **Jahres** auf die Gesamtvariabilität des Attributs UTA zu beobachten. Dabei zeigte der Jahrgang 2007 eine signifikant höhere UTA-Bewertung als die beiden anderen Jahrgänge.

Der Einfluss der **Düngung** und **Bewässerung** waren nicht signifikant. Bei der Düngestufe N2 zeigte die Variante „feucht-trocken“ tendenziell etwas höhere UTA-Bewertungen, was jedoch nicht abzusichern war.

Tabelle 4-34: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der sensorischen Bewertung des Attributs UTA im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Düngung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	54,5	27,0 ***	75,0 ***	35,7 **
Düngung	1,0	0,4		
Bewässerung	6,3	1,0	3,8	21,5
Düngung \times Bewässerung	4,2	0,6		
Rest	34,0		21,2	42,8

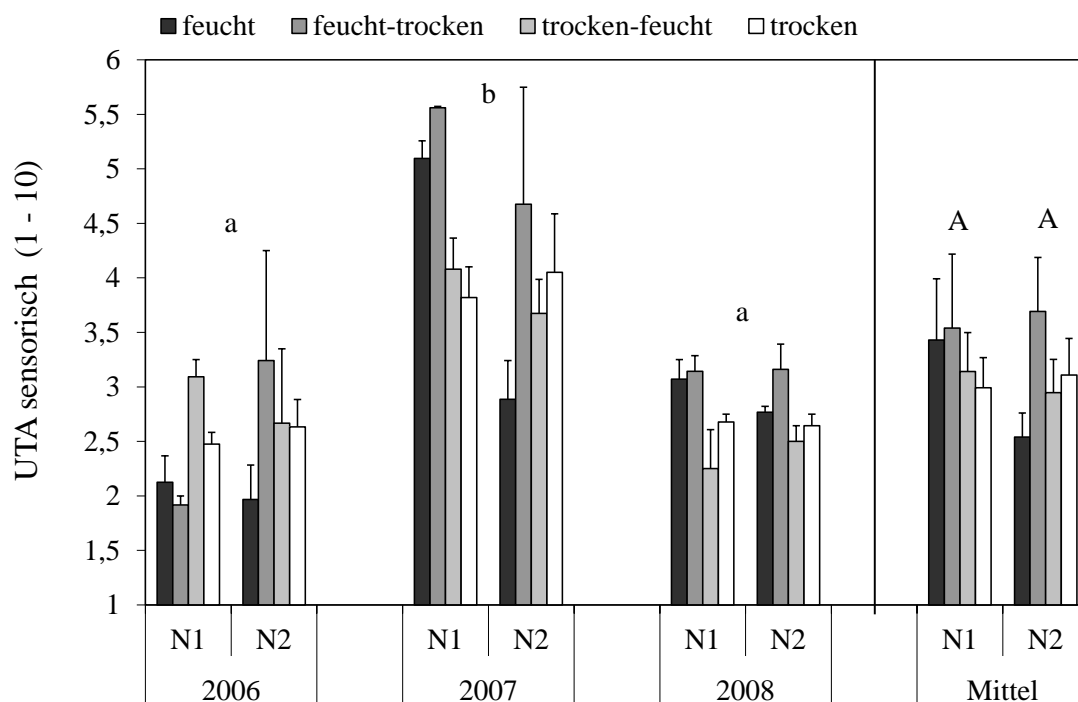


Abbildung 4-35: Sensorische Bewertung des Attributs UTA nach forcierter Alterung im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Düngung (N1: 25 kg N/ha; N2: 75 kg N/ha) und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt.

4.2.2 Strahlung beim Gefäßversuch

4.2.2.1 Fehlton

Der **Jahrgang** hatte keinen signifikanten Einfluss auf die sensorische Bewertung des Attributs Fehlton. Die **Strahlung** hatte eine Anteilsziffer von 29% an der Gesamtvariabilität.

Dieser Einfluss war jedoch nicht signifikant. Die Variante UV-B erhöht zeigte tendenziell höhere Bewertungen (5,0) des Attributs Fehl aroma, was jedoch aufgrund des Standardfehlers nicht absicherbar war.

Tabelle 4-35: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der sensorischen Bewertung des Attributs Fehl aroma im Wein. Einfaktorielle Bewertung von Jahr und Strahlung sowie der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert
Jahr	4,0	0,6
Strahlung	29,0	
Rest	67,0	2,5

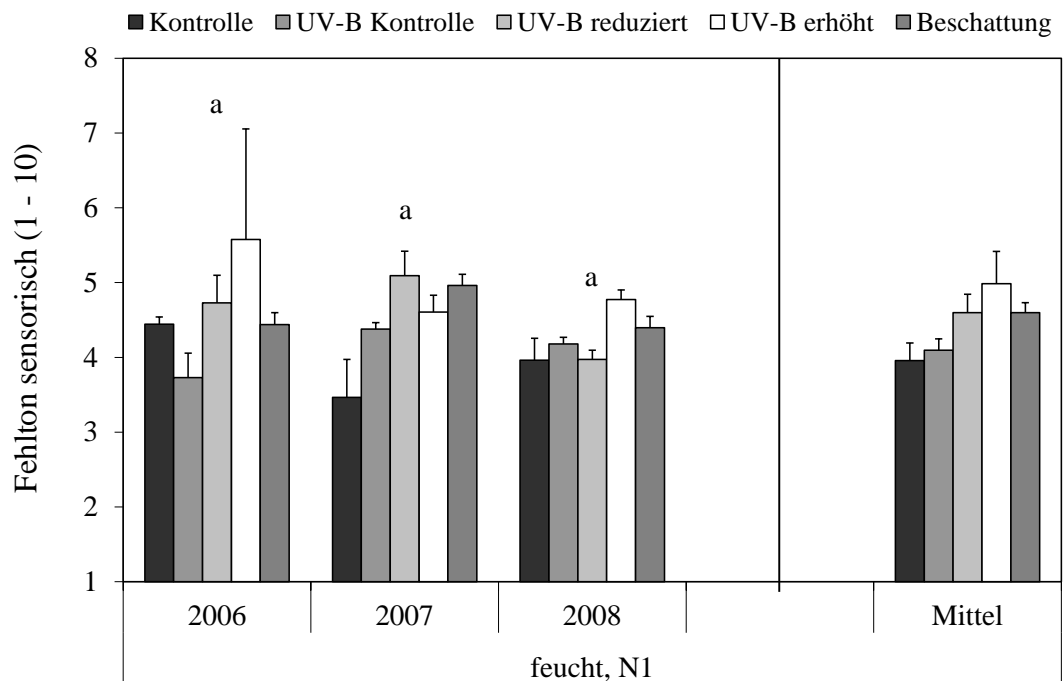


Abbildung 4-36: Sensorische Bewertung des Attributs Fehl aroma im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006–2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.2.2.2 UTA

Das **Jahr** hatte einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der sensorischen Bewertung des Attributs UTA. Der Jahrgang 2006 unterschied sich signifikant vom Jahrgang 2008. Im Jahr 2006 lag die UTA-Bewertung bei 4,0, während der Jahrgang 2008 mit 3,4 beurteilt wurde.

Die **Strahlung** wies einen Anteil von 25% an der Gesamtvariabilität der Bewertung des Attributs UTA auf, der jedoch nicht signifikant war.

Tabelle 4-36: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der sensorischen Bewertung des Attributs UTA im Wein. Einfaktorielle Bewertung von Jahr und Strahlung sowie der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert
Jahr	20,3	3,4 *
Strahlung	25,4	2,1
Rest	54,3	

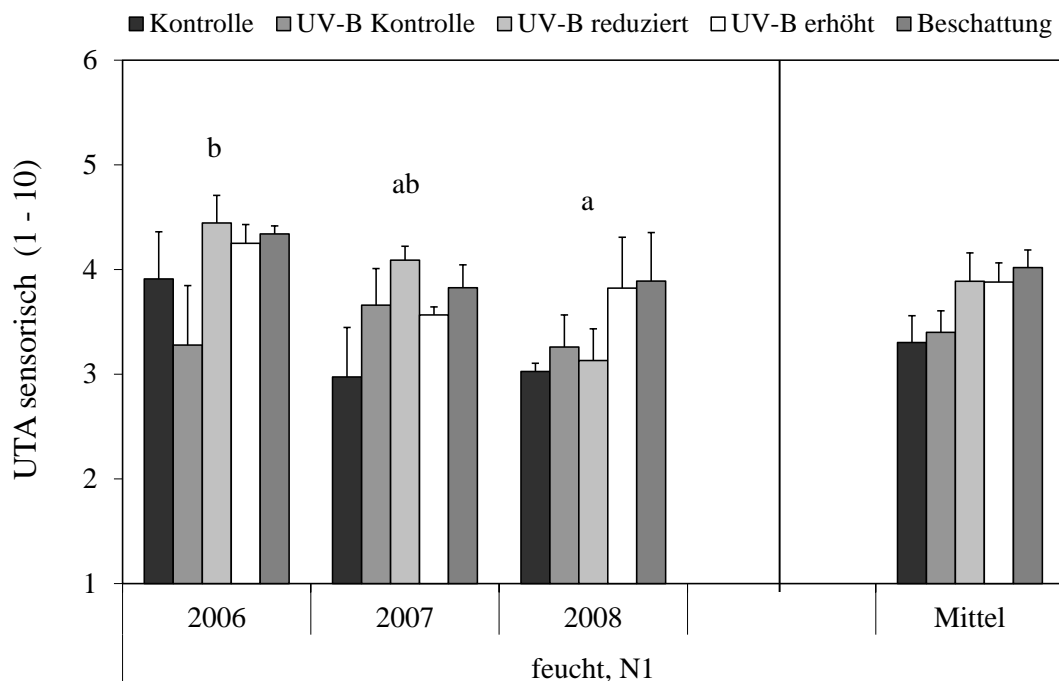


Abbildung 4-37: Sensorische Bewertung des Attributs UTA im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.2.3 Zusammenhang zwischen UTA und verschiedene Messparameter beim Gefäßversuch

Aromastoffe AAP

AAP - UTA: Der Zusammenhang zwischen AAP und UTA war gering. Einen signifikanten Zusammenhang gibt es bei der Düngestufe N2. Hier lag das Bestimmtheitsmaß bei 0,145. Mit steigender Konzentration an AAP konnte mehr UTA im Wein festgestellt werden.

Skatol, Indol, ASME - AAP: Zwischen den weiteren Aromastoffen Skatol, Indol und ASME gab es nur geringe Zusammenhänge. Der größte Zusammenhang lag zwischen Skatol und UTA bei der Düngestufe N2 vor.

Sensorik

UTA künstlich gealtert - UTA: Zwischen der Bewertung der Weine auf das Attribut UTA nach künstlicher Alterung und UTA nach einjähriger Lagerung gab es keinen signifikanten Zusammenhang.

Frucht - UTA: Zwischen dem Attribut Frucht und UTA gab es immer einen Zusammenhang mit negativem Vorzeichen. Der höchste Regressionskoeffizient (0,438) zwischen Frucht und UTA war bei der Düngestufe N2 zu finden.

Bitterkeit - UTA: Zwischen dem Attribut Bitterkeit und UTA gab es immer einen positiven Zusammenhang, wobei der größte Zusammenhang im Jahr 2006 gefunden wurde.

Harmonie - UTA: Eine hohe Bewertung des Attributs Harmonie führte immer zu einer geringeren UTA-Bewertung. Das Vorzeichen der Steigung war immer negativ.

Weinbaulich und klimatische Einflüsse

Gesamt-AS - UTA: Der Zusammenhang zwischen der Konzentration an Gesamt-AS im Most und der sensorischen UTA-Bewertung war nur sehr gering.

Wasser nach Reifebeginn - UTA: Auch der Zusammenhang zwischen dem Wasserangebot nach Reifebeginn und UTA war nicht sehr hoch. Der höchste signifikante Zusammenhang war bei der N2 mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,215 zu finden. Das Vorzeichen der Steigung war immer negativ.

Traubenertrag - UTA: Beim Vergleich zwischen dem Traubenertrag und UTA führte ein höherer Traubenertrag immer zu geringeren Bewertungen des Attributs UTA. Der Zusammenhang war jedoch nicht sehr groß.

Tabelle 4-37: Bestimmtheitsmaß r^2 und Steigung m bei unterschiedlichen Parametern als unabhängige Variable und der sensorischen UTA-Note im Wein als abhängige Variable (n: je 48, gesamt: 144) (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

		2006- 2008	2006	2007	2008	Strah- lung	Düngung	N1	N2
Aromastoffe									
AAP	r^2	0,005	0,005	0,038	0,048	0,005	0,039	0,001	0,145 ***
	m	0,414	0,444	1,104	1,459	-0,416	1,221	-0,136	3,493
ASME	r^2	0,000	0,075	0,013	0,046	0,093 *	0,002	0,000	0,011
	m	-0,037	3,294	-0,219	0,362	1,521	-0,103	0,007	-0,245
Indol	r^2	0,011	0,020	0,000	0,043	0,017	0,008	0,045	0,002
	m	-0,476	-0,694	0,076	-1,897	-0,712	-0,388	-0,793	-0,222
Skatol	r^2	0,014	0,027	0,001		0,004	0,013	0,012	0,140 **
	m	3,985	-5,193	1,619		1,806	4,095	-2,842	19,34
Sensorik									
UTA künst- lich gealtert	r^2	0,002	0,016	0,006	0,002	0,023	0,003	0,028	0,002
	m	-0,033	0,125	0,057	0,052	-0,089	0,043	-0,095	0,037
Frucht	r^2	0,202 ***	0,173 **	0,242 ***	0,039	0,083 *	0,262 ***	0,074	0,438 ***
	m	-0,523	-0,802	-0,666	0,226	-0,382	-0,587	-0,304	-0,772
Bitterkeit	r^2	0,065 **	0,203 **	0,128 *	0,009	0,136 **	0,071 **	0,029	0,101 *
	m	0,310	0,646	0,441	0,078	0,444	0,332	0,184	0,455
Harmonie	r^2	0,223 ***	0,235 **	0,291 ***	0,074	0,256 ***	0,238 ***	0,224 ***	0,274 ***
	m	-0,602	-0,679	-0,577	-0,348	-0,573	-0,641	-0,530	-0,877
Fehlaroma	r^2	0,178 ***	0,181 **	0,260 ***	0,167 **	0,147 **	0,206 ***	0,172 **	0,217 ***
	m	0,369	0,378	0,340	0,349	0,328	0,389	0,353	0,412
Weinbaulich und klimatische Einflüsse									
Gesamt-AS Most	r^2	0,020	0,033	0,027	0,062	0,158 ***	0,038	0,086 *	0,022
	m	0,001	0,002	-0,001	-0,002	0,007	0,002	0,004	0,002
Wasser nach Reifebeginn	r^2	0,071	0,026	0,129 *	0,027	0,108 *	0,135 ***	0,062	0,215 ***
	m	-0,011	-0,008	-0,012	-0,005	-0,086	-0,013	-0,008	-0,018
Trauben- ertrag	r^2	0,113 ***	0,000	0,016	0,046	0,071 *	0,133 ***	0,107 *	0,221 ***
	m	-0,409	-0,057	-0,242	-0,224	-0,447	-0,409	-0,473	-0,523
AOP									
AOP Wein	r^2	0,007	0,002	0,129 *	0,027	0,049	0,009	0,069	0,107 *
	m	-1,342	1,119	-4,830	-1,774	5,767	-1,452	5,156	-5,365

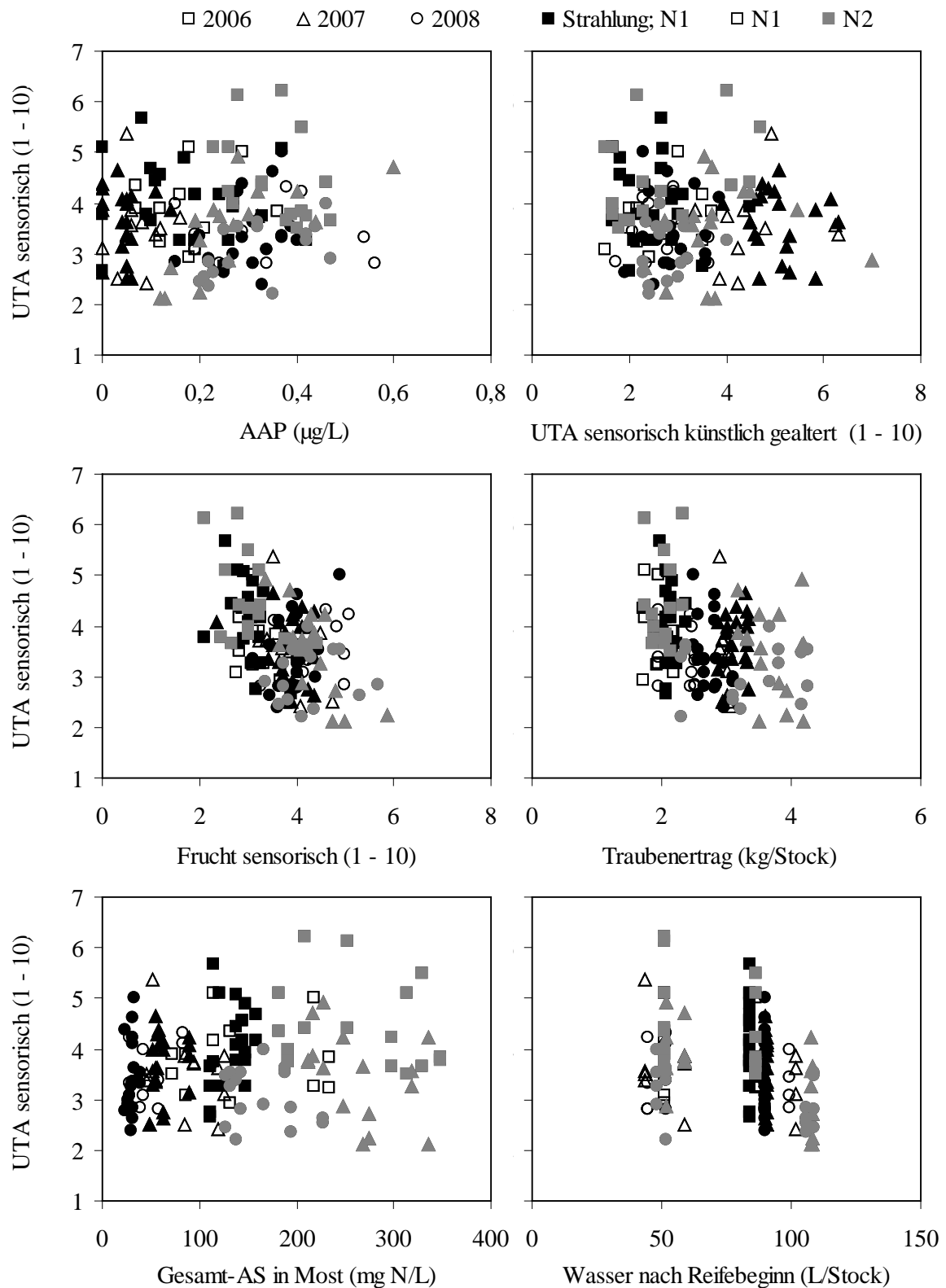


Abbildung 4-38: Zusammenhang zwischen AAP im Wein als abhängige Variable und UTA nach künstlicher Alterung, sensorische Bestimmung der Frucht, Gesamt-AS-Konzentration im Most, Wassergabe nach Reifebeginn als unabhängige Variable und AAP im Wein als abhängige Variable in den Jahren 2006-2008 ($n = 144$) bei unterschiedlicher Strahlung, Düngung und Bewässerung.

4.2.4 Zusammenhang zwischen 2-Aminoacetophenon und UTA nach Zusatz von 2-Aminoactophenon

Zwischen der sensorischen UTA-Bewertung und der Konzentration an AAP gibt es einen signifikanten Zusammenhang. Es ist jedoch auch zu sehen, dass eine große Streuung der Bewertungen vorliegt. Ab einer Konzentration von 0,9 µg/L (Bewertung 5,5) ist ein signifikanter Unterschied zur Kontrolle (2,7) zu finden. Ein Zusatz von 0,5 µg/L AAP konnte mit einer Bewertung von 3,0 nicht signifikant von der Kontrolle unterschieden werden. Mit steigender Konzentration an AAP stiegen die Bewertung noch weiter an und lagen bei einer Zugabe von 1,3 µg/L bei 6,5 und einer Zugabe von 1,7 µg/L bei 6,8, waren jedoch nicht signifikant unterschiedlich von der Zugabe von 0,9 µg/L.

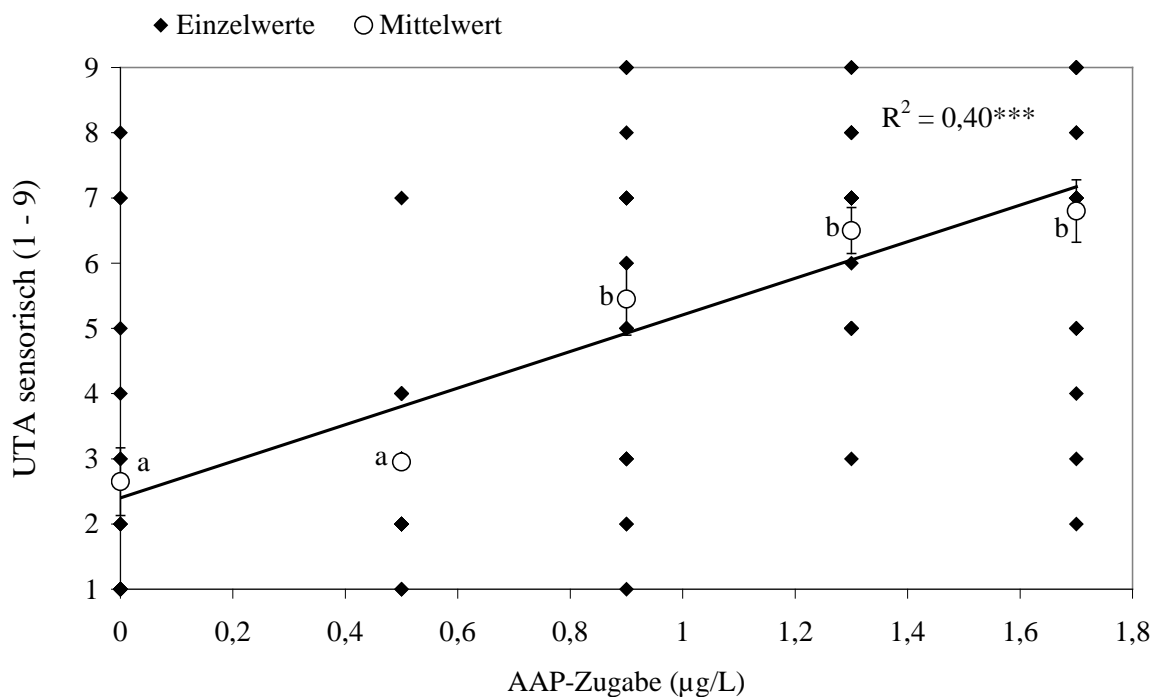


Abbildung 4-39: Beziehung zwischen der zugesetzten Konzentration an AAP (Zusatz von AAP 0; 0,5; 0,9; 1,4 und 1,7 µg/L) und der sensorischen UTA-Bewertung. Dargestellt sind Einzel- und Mittelwerte der Bewertungen. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler zwischen den Prüfpersonen dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Konzentrationsstufen sind mit Buchstaben gekennzeichnet. (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

4.3 Einfluss unterschiedlicher Vitis-Arten beim Gefäßversuch

Das dritte Kapitel beschäftigt sich mit dem Einfluss von unterschiedlichen Vitis-Arten auf die Bildung von AAP.

4.3.1 Traubenertrag

Über alle Mittelwerte gerechnet hatte das **Jahr** einen Einfluss von 56% auf die Gesamtvariabilität. Bei Müller-Thurgau alleine lag der Einfluss bei 71% und bei Niagara bei 91%. Bei Müller-Thurgau wurden 2006 2,0 kg/Stock, 2007 3,1 kg/Stock und 2008 2,4 kg/Stock gelesen. Die Jahrgänge unterschieden sich signifikant.

Bei Niagara war im Jahr 2006 aufgrund des jungen Rebenalters im Vergleich zu Müller-Thurgau der Ertrag mit 0,32 kg/Stock sehr gering, während sie 2007 bei 2,4 und 2008 bei 2,5 kg/Stock lagen.

Die **Sorte** übte einen signifikanten Einfluss von 17% auf die Gesamtvariabilität des Traubenertrages aus. Bis auf das Jahr 2008 war in den anderen Jahren der Traubenertrag bei der Sorte Müller-Thurgau höher als bei Niagara.

Die **Behandlung** hatte über alle Mittelwerte berechnet einen signifikanten Einfluss von 3% an der Gesamtvariabilität des Traubenertrags. Bei Müller-Thurgau lag der Einfluss der Behandlung bei 15% und bei Niagara mit 1,2% deutlich tiefer.

Im Jahr 2006 konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten „feucht“ und „trocken“ bei Müller-Thurgau beobachtet werden. Im Jahr 2008 unterschieden sich sowohl bei Müller-Thurgau als auch bei Niagara die „feuchten“ Varianten von den „trockenen“ Varianten.

Tabelle 4-38: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Traubenertrages. Dreifaktorielle Bewertung von Jahr, Sorte und Behandlung und zweifaktorielle Bewertung von Jahr und Behandlung bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	dreifaktoriell		zweifaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	Müller-Thurgau	Niagara
Jahr	56,1	352,7 ***	70,7 ***	90,5 ***
Sorte	17,4	202,2 ***		
Behandlung	2,9	17,1 ***	14,5 ***	1,2
Jahr \times Sorte	15,2	88,0 ***		
Jahr \times Behandlung	3,3	9,5 ***	4,3 *	5,2 **
Sorte \times Behandlung	0,3	1,8		
Jahr \times Sorte \times Behandlung	0,9	2,5		
Rest	3,9		10,4	3,1

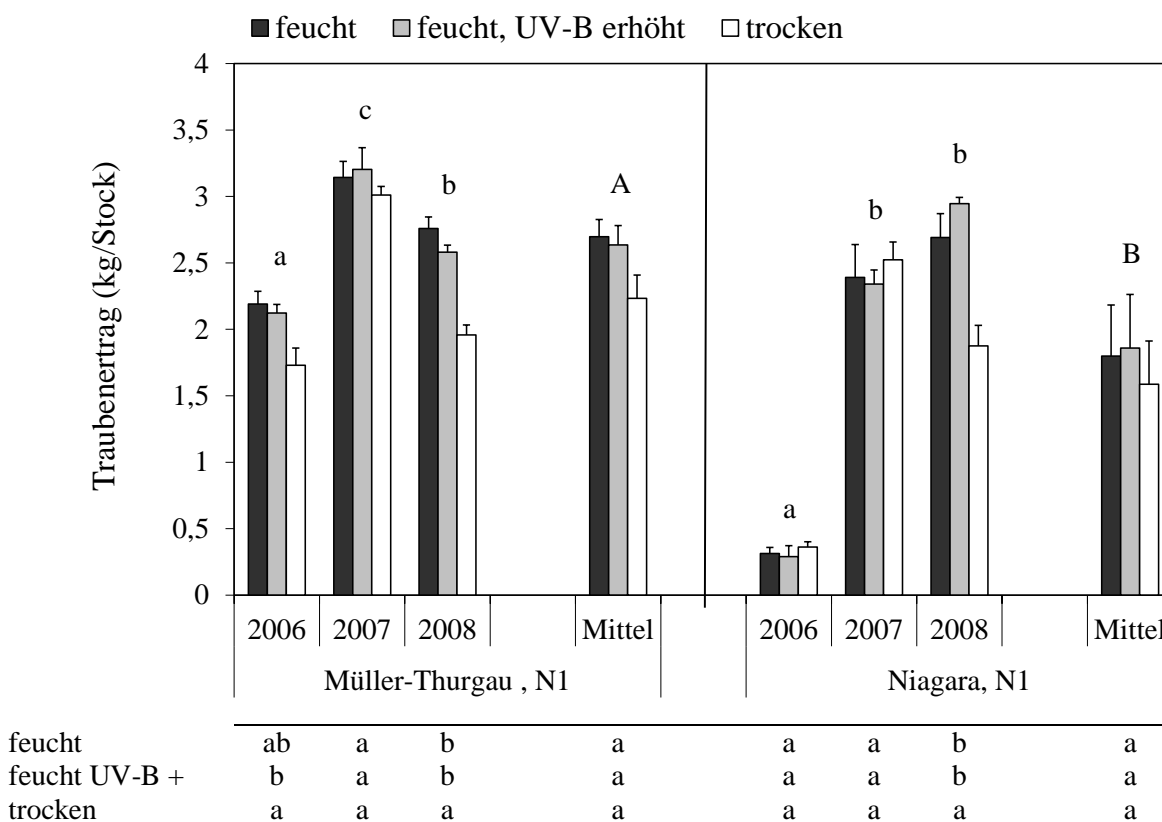


Abbildung 4-40: Traubenertrag (kg/Stock) der Sorten Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 4$) und Niagara (2006-2008: $n = 3$) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt. Die Berechnung erfolgte für die Sorte Müller-Thurgau (links) getrennt von der Sorte Niagara (rechts).

4.3.2 Skatol

Das **Jahr** hatte einen signifikanten Einfluss von 64% auf die Gesamtvariabilität der Skatol-Konzentration im Wein. Bei beiden Sorten lag die Skatol-Konzentration im Jahr 2008 unter der Nachweisgrenze.

Tabelle 4-39: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Skatol-Konzentration in Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Sorte und Behandlung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Behandlung bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	Müller-Thurgau	Niagara
Jahr	63,6	15,9 ***	75,0 ***	92,1 ***
Sorte	0,1	0,0		
Behandlung	0,9	0,1	1,4	5,0
Sorte \times Behandlung	3,0	0,3		
Rest	32,5		23,6	2,9

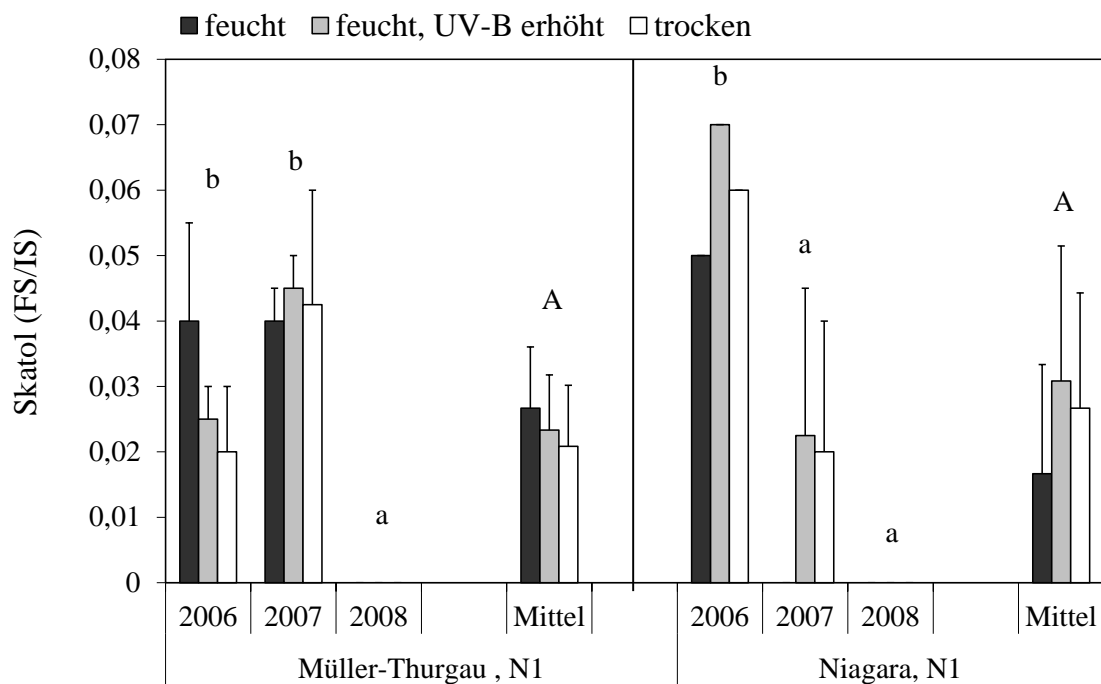


Abbildung 4-41: Skatol-Konzentration (FS/IS) in Wein der Sorten Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) und Niagara (2006: n = 1; 2007 und 2008: n = 2) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Die Berechnung erfolgte für die Sorte Müller-Thurgau (links) getrennt von der Sorte Niagara (rechts).

Bei der Sorte Müller-Thurgau wiesen die Jahrgänge 2006 und 2007 signifikant höhere Skatol-Konzentrationen auf als das Jahr 2008. Im Jahr 2006 wies die Sorte Niagara signifikante höhere Skatol-Konzentrationen auf als in den beiden anderen Versuchsjahren.

Die **Sorte** hatte nur einen geringen nicht signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der Skatol-Konzentration.

Die **Behandlung** hatte im Mittel über alle Versuchsjahre keinen signifikanten Einfluss auf die Skatol-Konzentration im Wein.

4.3.3 Indol

Das **Jahr** hatte einen nicht signifikanten Einfluss von 32% an der Gesamtvariabilität der Indol-Konzentration. Wurden die beiden Sorten getrennt berechnet, zeigte sich sowohl bei Müller-Thurgau als auch bei Niagara ein signifikanter Einfluss des Jahres. Das Jahr 2007 zeigte bei beiden Sorten die höchsten Indol-Konzentrationen.

Die **Sorte** hatte einen signifikanten Einfluss von 39% auf die Gesamtvariabilität der Indol-Konzentration im Wein. Im Mittel lag die Konzentration bei Müller-Thurgau bei 0,2 µg/L und bei der Sorte Niagara bei 0,5 µg/L. Der geringste Unterschied zwischen den beiden Sorten war im Jahr 2008 festzustellen.

Bei keiner der beiden Sorten konnte durch die **Behandlung** ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten beobachtet werden.

Tabelle 4-40: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Indol-Konzentration in Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Sorte und Behandlung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Behandlung bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	Müller-Thurgau	Niagara
Jahr	32,1	3,5	37,0 *	72,7 ***
Sorte	38,4	8,5 *		
Behandlung	6,6	0,7	18,8	9,5
Sorte × Behandlung	1,1	0,1		
Rest	21,9		44,2	17,8

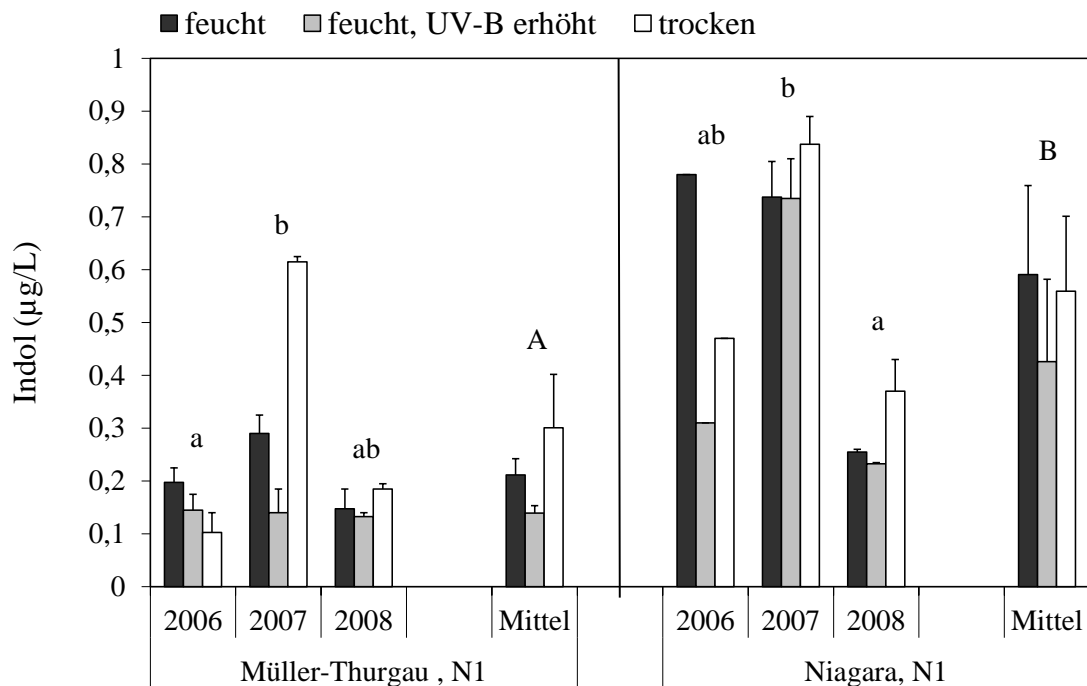


Abbildung 4-42: Indol-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) in Wein der Sorten Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) und Niagara (2006: $n = 1$, 2007 und 2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Die Berechnung erfolgte für die Sorte Müller-Thurgau (links) getrennt von der Sorte Niagara (rechts).

4.3.4 Anthranilsäuremethylester

Über beide Sorten berechnet zeigte sich kein signifikanter Einfluss des **Jahres** auf die Gesamtvariabilität der ASME-Konzentration im Wein. Wurden beide Sorten getrennt betrachtet, zeigte die Sorte Niagara einen signifikanten Jahrgangseinfluss, während bei Müller-Thurgau kein signifikanter Einfluss vorlag.

Bei Müller-Thurgau lag im Jahr 2006 die ASME-Konzentration bei $0,16 \mu\text{g/L}$, 2007 bei $0,23 \mu\text{g/L}$ und 2008 bei $0,07 \mu\text{g/L}$. Die Jahrgänge der Sorte Niagara unterschieden sich signifikant voneinander. Das Jahr 2007 wies mit $816 \mu\text{g/L}$ die höchsten und 2006 mit $149 \mu\text{g/L}$ die geringsten Konzentrationen auf, während das Jahr 2007 mit $595 \mu\text{g/L}$ dazwischen lag.

Tabelle 4-41: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der ASME-Konzentration in Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Sorte und Behandlung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Behandlung bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	Müller-Thurgau	Niagara
Jahr	17,7	1,6	22,3	94,3 ***
Sorte	62,4	16,9 ***		
Behandlung	0,0	0,0	26,7	0,2
Sorte \times Behandlung	0,0	0,0		
Rest	19,8		51,0	5,5

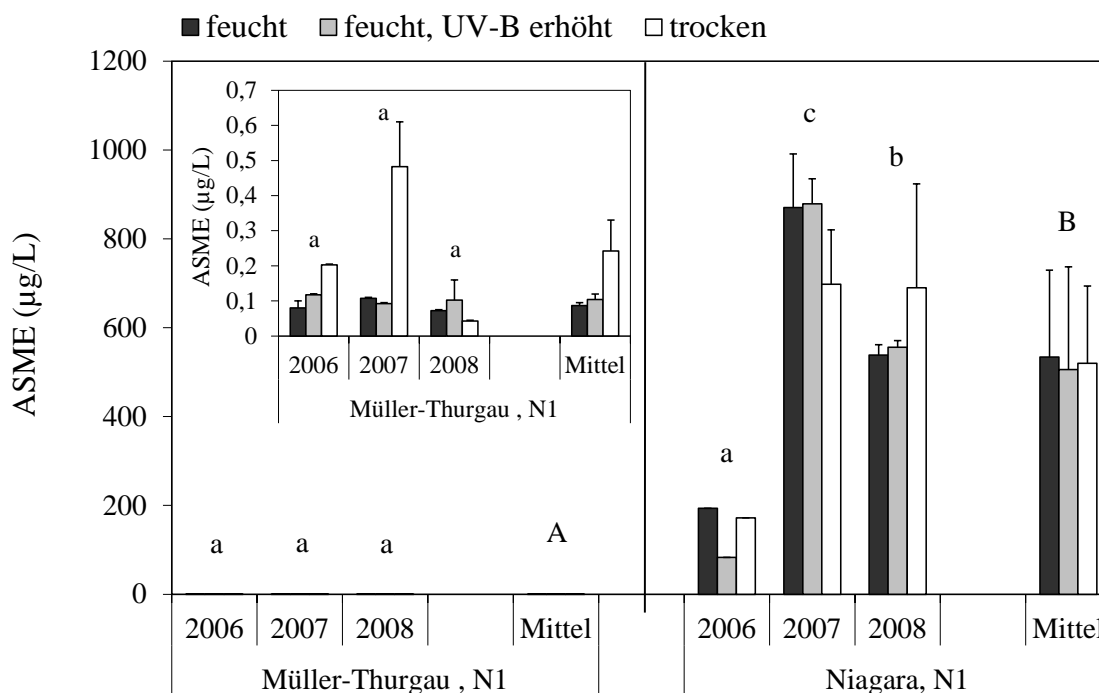


Abbildung 4-43: ASME-Konzentration (µg/L) in Wein der Sorten Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) und Niagara (2006: $n = 1$; 2007 und 2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Die Berechnung erfolgte für die Sorte Müller-Thurgau (links) getrennt von der Sorte Niagara (rechts).

Der Einfluss der **Sorte** an der Gesamtvariabilität lag bei 62% und war hochsignifikant. Die Sorte Niagara wies im Mittel über alle drei Jahre und Behandlungen eine ASME-Konzentration von 520 µg/L, während bei Müller-Thurgau 0,14 µg/L zu finden waren.

Die unterschiedliche **Behandlung** führte bei keiner der beiden Sorten zu einem signifikanten Unterschied. Der Anteil der Behandlung an der Gesamtvariabilität lag bei Müller-Thurgau mit 27% höher als bei Niagara mit 0,2% war bei beiden Sorten statistisch jedoch nicht absicherbar.

4.3.5 2-Aminoacetophenon

Der **Jahrgang** hatte sowohl bei Müller-Thurgau (66%) als auch bei Niagara (87%) einen signifikanten Einfluss auf die AAP-Konzentrationen im Wein. Bei Müller-Thurgau waren im Jahr 2008 mit 0,29 µg/L die höchsten Konzentrationen zu finden und 2007 mit 0,08 µg/L die geringsten, das Jahr 2008 lag mit 0,17 µg/L dazwischen.

Die Sorte Niagara wies im Jahr 2006 mit 16,1 µg/L die höchsten Konzentrationen auf, während 2007 bei 3,6 µg/L und das Jahr 2008 bei 4,6 µg/L lag.

Die Konzentration an AAP wurde zu 44% signifikant durch die **Sorte** beeinflusst. Niagara zeigte im Durchschnitt über alle Jahre eine Konzentration von 7,9 µg/L, während bei Müller-Thurgau nur 0,2 µg/L zu finden waren.

Der Einfluss der **Behandlung** lag bei 1,3% und war nicht signifikant. Eine einheitliche Tendenz durch die Behandlung lässt sich weder bei Müller-Thurgau noch bei Niagara feststellen.

Tabelle 4-42: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der AAP-Konzentration in Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Sorte und Behandlung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Behandlung bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	Müller-Thurgau	Niagara
Jahr	24,6	2,4	66,2 ***	87,3 ***
Sorte	43,8	9,7 **		
Behandlung	1,1	0,1	3,8	4,1
Sorte \times Behandlung	1,2	0,1		
Rest	29,4		30,1	8,5

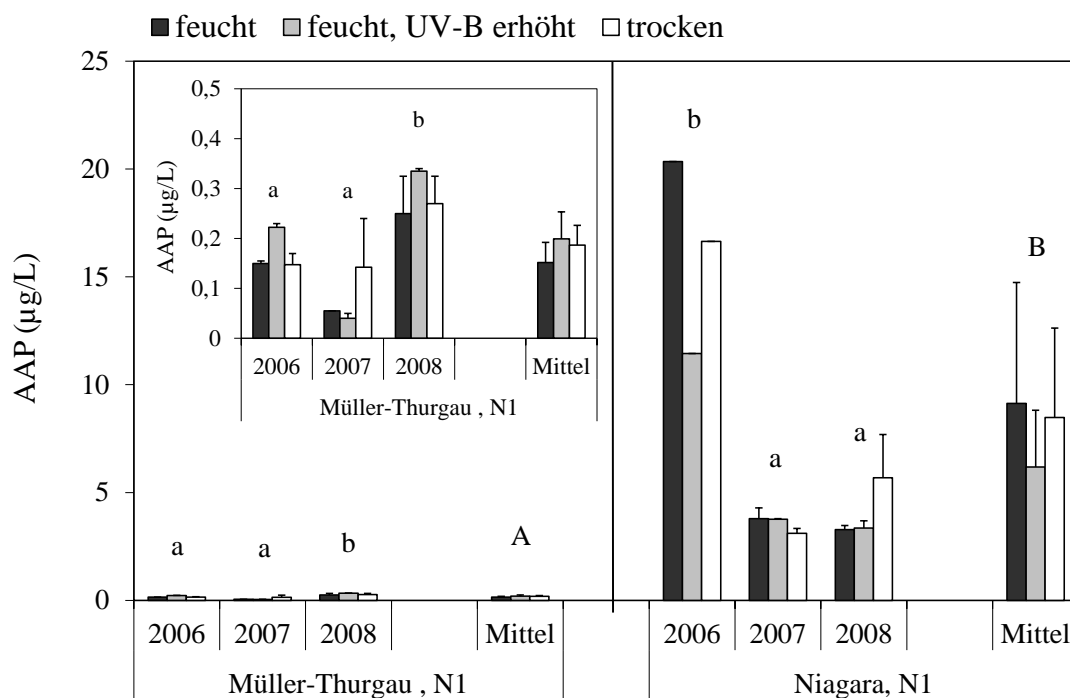


Abbildung 4-44: AAP-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) in Wein der Sorten Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) und Niagara (2006: $n = 1$; 2007 und 2008: $n = 2$) in Abhängigkeit von Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Die Berechnung erfolgte für die Sorte Müller-Thurgau (links) getrennt von der Sorte Niagara (rechts).

4.3.6 Anthranilsäuremethylester Verlauf bei Niagara

Über alle Varianten und Termine gesehen hatte das **Jahr** einen signifikanten Einfluss auf die ASME-Konzentration. Das Jahr 2007 zeigte die höchsten ASME-Konzentrationen.

Die **Behandlung** hatte zu keinem Termin einen signifikanten Einfluss auf die ASME-Konzentration.

Termine

Während der Weinbereitung waren starke Veränderungen der ASME-Konzentration zu beobachten. Vom Abbeeren bis zum Most war in allen drei Versuchsjahren eine Abnahme der ASME-Konzentration zu beobachten. Eine signifikante Abnahme gab es jedoch nur im Jahrgang 2007.

Während der Gärung nahm im Mittel über alle drei Versuchsjahre die ASME-Konzentration zu, was sich jedoch nicht signifikant auswirkte. Im Jahr 2006 kam es während der Gärung zu einer Abnahme der ASME-Konzentration. Dies konnte in den anderen zwei Versuchsjahren nicht bestätigt werden. In den Jahren 2007 und 2008 war vom Most zum Wein nach der Gärung eine signifikante Zunahme zu beobachten.

Vom Stadium nach der Gärung bis zum abgefüllten Wein war im Mittel über alle Versuchsjahre eine Zunahme der ASME-Konzentration zu beobachten, die jedoch nicht signifikant war. Eine signifikante Zunahme in dieser Phase konnte in den Jahren 2006 und 2008 festgestellt werden.

Die Lagerung des Weines führte nicht mehr zu einer starken Veränderung der ASME-Konzentration. In den Jahren 2006 und 2007 konnte sogar eine Abnahme beobachtet werden, die jedoch nur 2006 signifikant war und aufgrund der fehlenden Wiederholung nicht überbewertet werden sollte.

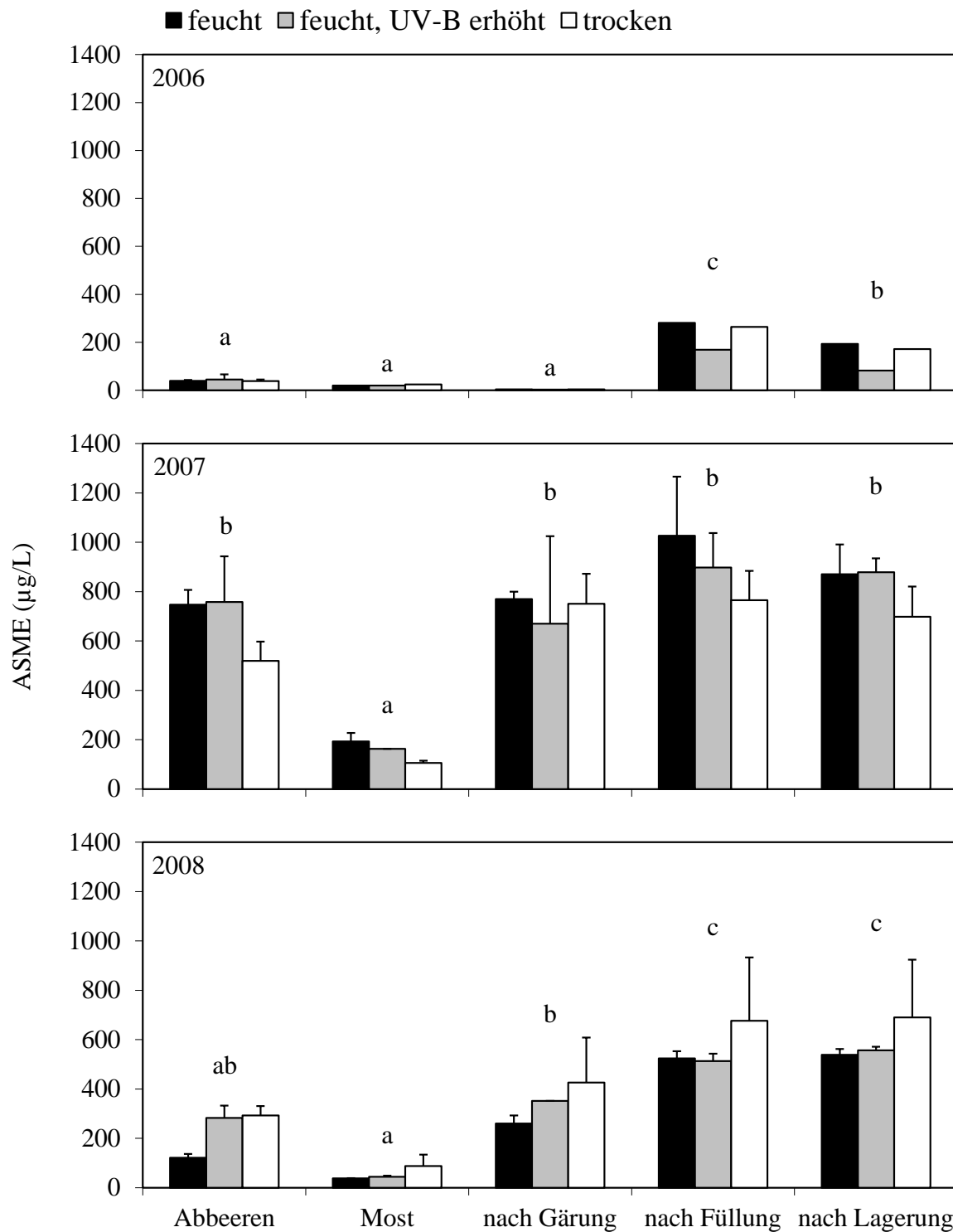


Abbildung 4-45: ASME-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Verlauf des Weinausbaus der Sorte Niagara (Abbeeren: 2006, 2007 und 2008: $n = 3$, andere Termine: 2006: $n = 1$; 2007 und 2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Tabelle 4-43: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der ASME-Konzentration im Verlauf des Weinausbaus. Einfaktorielle Bewertung des Jahres und der Behandlung sowie der der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	Jahr		Behandlung		Rest
	Anteilsziffer	F-Wert	Anteilsziffer	F-Wert	
Abbeeren	80,1	46,3 ***	2,9	0,3	17,0
Most	84,1	15,8 ***	0,6	0,0	15,4
nach Gärung	97,6	122,1 ***	0,6	0,0	1,8
nach Füllung	91,8	33,5 ***	1,5	0,0	6,7
nach Lagerung	94,3	50,0 ***	0,2	0,0	5,5

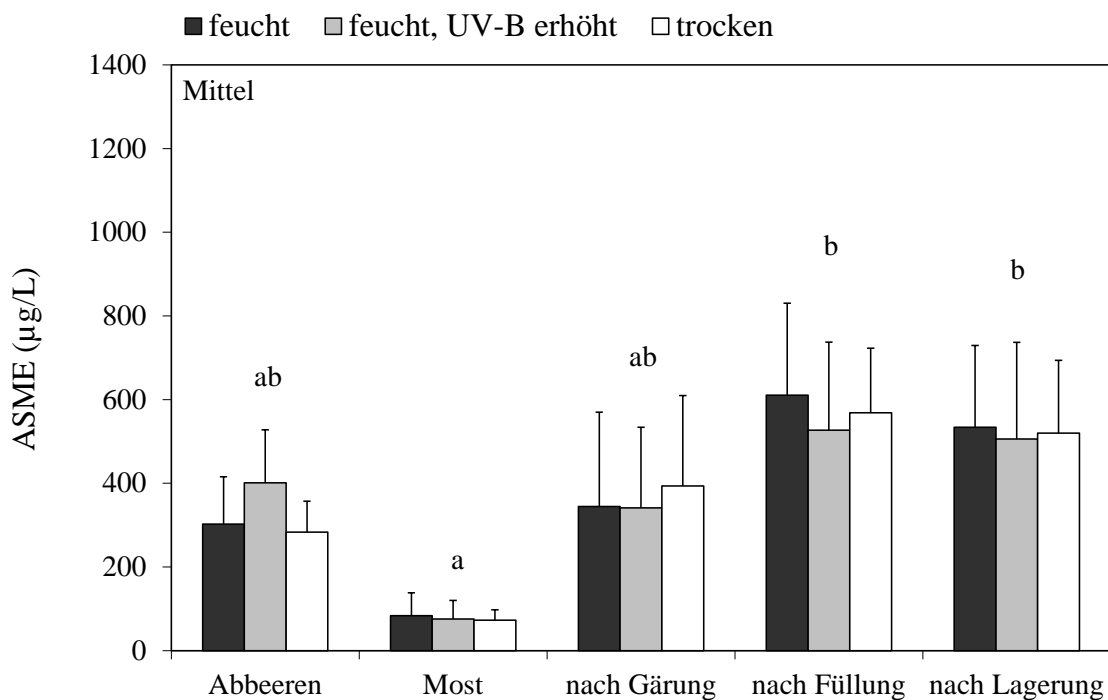


Abbildung 4-46: ASME-Konzentration (µg/L) im Verlauf des Weinausbaus der Sorte Niagara (Abbeeren: n = 9; andere Termine: n = 3) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.3.7 2-Aminoacetophenon Verlauf bei Niagara

Das **Jahr** hatte in allen Phasen des Weinausbaus einen signifikanten Einfluss auf die AAP-Konzentration im Wein.

Die **Behandlung** hatte keinen signifikanten Einfluss auf die AAP-Konzentration.

Die AAP-Konzentration wurde durch den **Termin** sehr stark beeinflusst. Vom Abbeeren bis zum gepressten Most war im Mittel eine nicht signifikante Abnahme der AAP-Konzentration zu beobachten. Dieser Effekt war in allen drei Versuchsjahren zu beobachten.

Während der Gärung war im Mittel ein Anstieg der AAP-Konzentration zu sehen, die jedoch nicht signifikant war. Die Entwicklung der AAP-Konzentration während der Gärung verhielt sich in allen drei Versuchsjahren unterschiedlich. Beim Jahrgang 2006 war während der Gärung eine Abnahme zu beobachten, die sich jedoch nicht signifikant auswirkte. Im Jahr 2007 war eine signifikante Zunahme während der Gärung zu finden, im Jahr 2008 konnte eine Zunahme, die jedoch nicht signifikant war, beobachtet werden.

Vom Gärende bis zur Abfüllung des Weines war beim Jahrgang 2006 ein Anstieg von 0,1 µg/L auf 18 µg/L, im Jahr 2007 von 1,9 µg/L auf 3,8 µg/L und 2008 von 1,8 µg/L auf 3,2 µg/L zu beobachten. In den Jahren 2006 und 2007 war dieser Anstieg signifikant.

Während der Lagerung des Weines kam es zu einer geringen nicht signifikanten Abnahme der AAP-Konzentration. In keinem der Jahre kam es während der Lagerung zu einer signifikanten Veränderung der AAP-Konzentration während der Lagerung. In den Jahren 2006 und 2007 war eine geringe Abnahme während der Lagerung und 2008 eine Zunahme von 3,2 µg/L auf 4,1 µg/L zu verzeichnen.

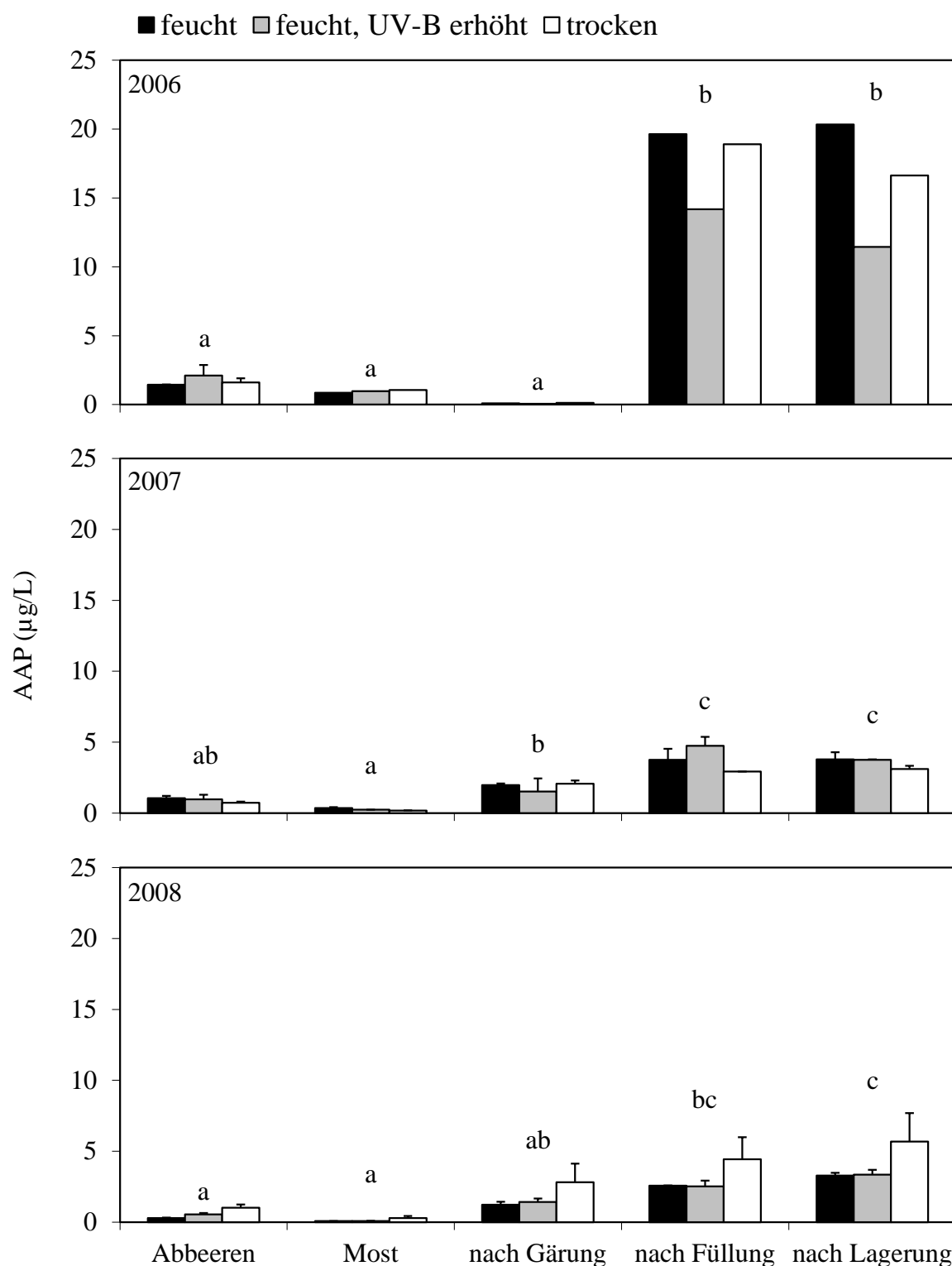


Abbildung 4-47: AAP-Konzentration im Verlauf des Weinausbaus der Sorte Niagara (Abbeeren: 2006, 2007 und 2008: n = 3, andere Termine: 2006: n = 1; 2007 und 2008: n = 2) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Tabelle 4-44: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der AAP-Konzentration im Verlauf des Weinausbaus. Einfaktorielle Bewertung des Jahres und der Behandlung sowie der der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	Jahr		Behandlung		Rest
	Anteilsziffer	F-Wert	Anteilsziffer	F-Wert	
Abbeeren	52,9	12,9 ***	2,1	0,2	45,0
Most	94,8	54,8 ***	1,0	0,0	4,2
nach Gärung	78,8	11,1 **	10,0	0,3	11,3
nach Füllung	94,9	55,3 ***	1,2	0,0	4,0
nach Lagerung	87,3	20,7 **	4,1	0,1	8,5

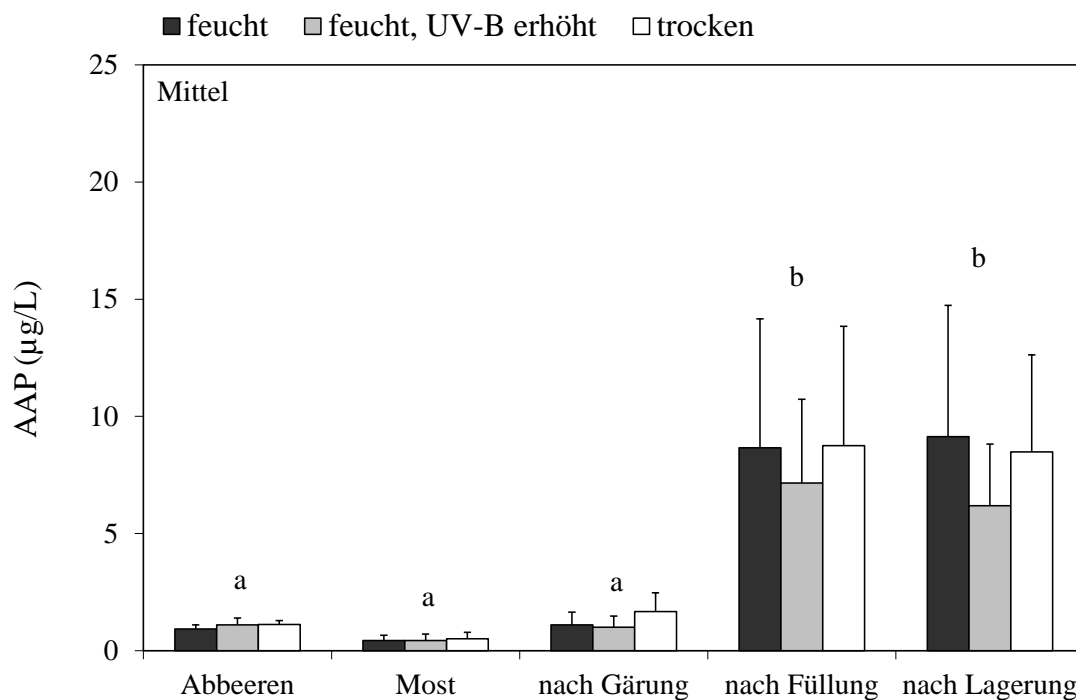


Abbildung 4-48: AAP-Konzentration (µg/L) im Verlauf des Weinausbaus der Sorte Niagara (Abbeeren: $n = 9$; andere Termine: $n = 3$) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.3.8 Zusammenhang zwischen AAP und anderen Aromastoffen bei unterschiedlichen Vitis-Arten

Bei der Sorte Niagara war zwischen dem Aromastoff ASME und AAP in jedem Jahr ein signifikanter und hoher Zusammenhang zu beobachten. Die Steigung war immer positiv. Über alle drei Jahre lag das Bestimmtheitsmaß bei 0,351 und war negativ. Dies war auf die hohen AAP-Konzentrationen im Jahr 2006 zurückzuführen, was zu einem negativen Zu-

sammenhang zwischen ASME und AAP führte. Bei der Sorte Müller-Thurgau war nur im Jahr 2007 ein signifikanter Zusammenhang festzustellen.

Der Zusammenhang zwischen Indol und Skatol als unabhängiger Variable und AAP als abhängiger Variable war über alle Jahre betrachtet bei beiden Sorten nicht sehr hoch.

Tabelle 4-45: Bestimmtheitsmaß r^2 und Steigung m bei Aromastoffen im Wein als unabhängige Variable und AAP im Wein als abhängige Variable (Müller-Thurgau $n = 12$, gesamt: 36; Niagara 2006 $n = 3$, 2007 und 2008 $n = 9$, gesamt: 21) (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

		Müller-Thurgau	2006	2007	2008	Niagara	2006	2007	2008
ASME	r^2	0,001	0,062	0,753 ***	0,076	0,351 **	0,942	0,850 ***	0,905 ***
	m	-0,026	-0,263	0,338	0,372	-0,010	0,074	0,003	0,011
Indol	r^2	0,001	0,440 *	0,430 *	0,318	0,001	0,924	0,001	0,106
	m	0,013	0,314	0,198	-1,031	0,425	17,96	0,180	9,386
Skatol	r^2	0,054	0,294	0,520 **		0,299 *	0,991	0,099	
	m	-0,969	1,285	3,933		91,827	-445,0	-4,801	

4.4 Einfluss von Indolelessigsäure und antioxidativem Potential auf die AAP-Bildung

Im vierten Kapitel wird der Einfluss von IES und des antioxidativen Potentials auf die Bildung von AAP behandelt.

4.4.1 Düngung und Bewässerung beim Gefäßversuch

4.4.1.1 Freie Indolelessigsäure

Most: Das **Jahr** hatte einen signifikanten Einfluss von 18% auf die Gesamtvariabilität der freien IES im Most. Die Konzentrationen waren sehr gering und lagen im Jahr 2006 bei 0,5 µg/L, im Jahr 2007 bei 0,1 µg/L und im Jahr 2008 bei 0,7 µg/L.

Die **Düngung** und die **Bewässerung** hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Konzentration an freier IES im Most.

Nach Gärung: Auf die freie IES nach der Gärung hatte das **Jahr** einen signifikanten von 13%. Die einzelnen Düngestufen wiesen keinen signifikanten Einfluss des Jahres auf. Den höchsten Wert nach der Gärung wies im Mittel über alle Varianten das Jahr 2007 mit 23,9 µg/L auf gefolgt von 2008 mit 22,1 µg/L und 2006 mit 12,9 µg/L.

Die Düngung hatte mit 24% einen hochsignifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der freien IES-Konzentration nach der Gärung. Im Mittel über alle Versuchsjahre lag die IES-Konzentration bei der Düngestufe N1 bei 26,2 µg/L und bei der Düngestufe N1 bei 13,1 µg/L.

Mit 22% hatte die **Bewässerung** einen signifikanten Anteil an der Gesamtvariabilität der freien IES-Konzentration.

Auffallend hierbei war, dass die Variante „N1 feucht-trocken“ in den Jahren 2007 und 2008 die höchsten Konzentrationen (61 µg/L bzw. 56 µg/L) zeigten. Auch im Mittel über alle drei Jahre unterschied sich die Variante „N1 feucht-trocken“ signifikant von den anderen Varianten der Düngestufe N1.

Dieser Effekt war bei der Düngestufe N2 nicht zu erklären, wodurch es zu einer signifikanten Wechselwirkung zwischen Düngung und Bewässerung kam. Der Anteil an der Gesamtvariabilität lag bei 16%.

Nach Füllung: Der Einfluss des **Jahres** an der Gesamtvariabilität der Konzentration an freier IES war mit 46% signifikant. Die höchste Konzentration wies das Jahr 2007 mit 8,5

$\mu\text{g/L}$ vor dem Jahr 2008 mit $6,5 \mu\text{g/L}$ auf, während das Jahr 2006 mit $1,8 \mu\text{g/L}$ deutlich geringere Konzentrationen zeigte.

Die Düngung und Bewässerung hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der freien IES im Wein nach der Füllung.

Nach Lagerung: Mit 52% hat das Jahr einen signifikanten Einfluss an der Gesamtvariabilität der freien IES-Konzentration im Wein nach der Lagerung. Die Konzentration bewegten sich zwischen $1,1 \mu\text{g/L}$ (2006), $9,8 \mu\text{g/L}$ (2007) und $6,5 \mu\text{g/L}$ im Jahr 2008.

Termin: Im Most sind nur sehr geringe Konzentrationen an freier IES enthalten, die sich an der Nachweisgrenze ($1 \mu\text{g/L}$) befanden. Im Mittel über alle Jahre und Varianten war während der Gärung eine signifikante Zunahme auf $19,7 \mu\text{g/L}$ zu beobachten.

Ab Gärnde bis zur Abfüllung des Weines sank die IES-Konzentration signifikant ab. Im Mittel nahm die Konzentration freier IES bis auf $5,6 \mu\text{g/l}$ ab. Während der Flaschenlagerung konnte keine nennenswerte Veränderung der freien IES im Vergleich zum Zeitpunkt nach Füllung festgestellt werden. Die Konzentrationen zu diesem Zeitpunkt waren mit $5,8 \mu\text{g/L}$ im Mittel nahezu gleich mit den Konzentrationen nach der Flaschenfüllung. Im Mittel war eine Abnahme der IES-Konzentration von 70% vom Zeitpunkt nach der Gärung bis zum Termin nach Lagerung zu verzeichnen.

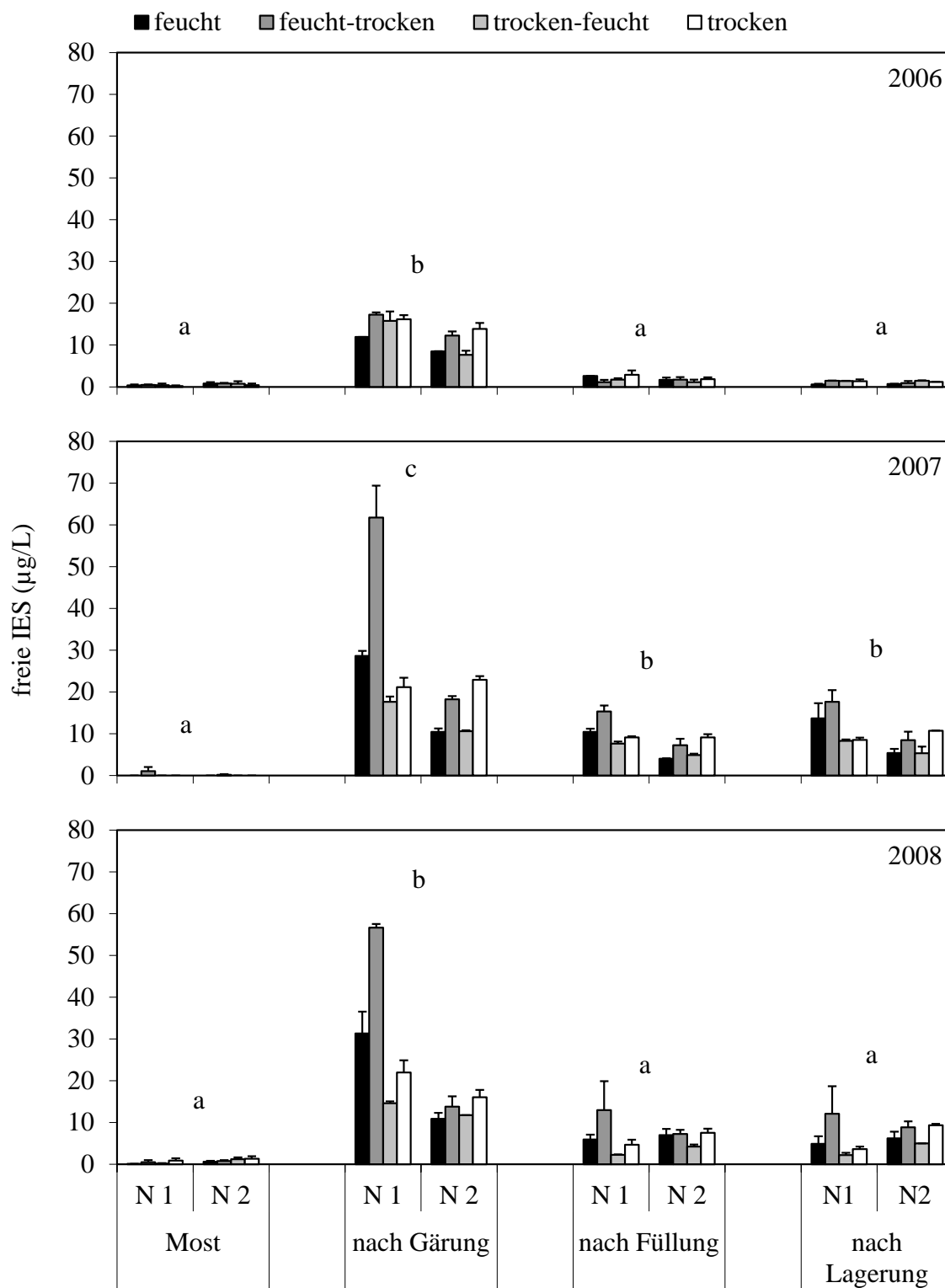


Abbildung 4-49: Freie IES-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Verlauf des Weinausbaus bei der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Düngung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Tabelle 4-46: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der freien IES im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Düngung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein, zweifaktoriell				
	Jahr	Düngung	Bewässerung	Düngung × Bewässerung	Rest
Most	18,0 *	4,4	4,2	3,4	70,0
N1	1,7		15,6		82,6
N2	51,1 ***		1,3		47,7
nach Gärung	12,8 *	24,0 ***	22,1 ***	16,3 **	24,8
N1	23,5		49,9 **		26,6
N2	22,4		57,7 ***		19,9
nach Füllung	45,5 ***	3,7	11,8	5,2	33,9
N1	48,8 ***		18,7		32,5
N2	66,1 ***		14,2		19,7
nach Lagerung	52,0 ***	1,1	9,9	6,8	30,2
N1	56,0 ***		17,9		26,1
N2	69,9 ***		13,8		16,2

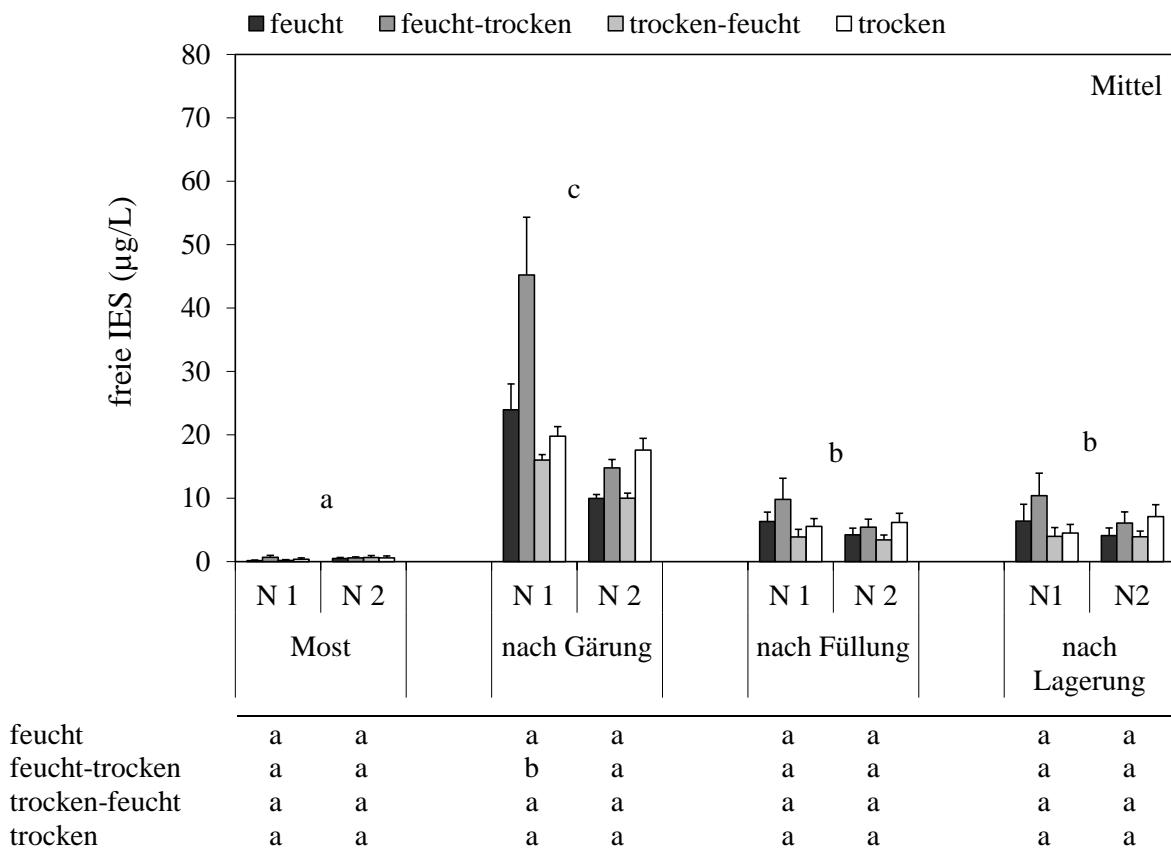


Abbildung 4-50: Freie IES-Konzentration (µg/L) im Verlauf des Weinausbaus der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 6) in Abhängigkeit der Düngung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

4.4.1.2 Gesamt-Indolessigsäure

Most: Das **Jahr** hatte einen signifikanten Einfluss von 47% auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Konzentration im Most. Die Konzentrationen lagen im Jahr 2006 bei 126 µg/L, im Jahr 2007 bei 76 µg/L und im Jahr 2008 bei 83 µg/L.

Die **Düngung** und die **Bewässerung** hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Konzentration an freier IES im Most.

Nach Gärung: Auf die Gesamt-IES-Konzentration nach der Gärung hatte das **Jahr** einen nicht signifikanten Anteil von 4%. Den höchsten Wert nach der Gärung wies im Mittel über alle Varianten das Jahr 2007 mit 57 µg/L auf, gefolgt von 2008 mit 52 µg/L und 2006 mit 47 µg/L.

Die Düngung hatte mit 25% einen hochsignifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Konzentration nach der Gärung. Im Mittel über alle Versuchsjahre lag die IES-Konzentration bei der Düngestufe N1 bei 63 µg/L und bei der Düngestufe N2 bei 42 µg/L.

Mit 12% hatte die **Bewässerung** einen signifikanten Anteil an der Gesamtvariabilität der freien IES-Konzentration.

Im Mittel über alle drei Jahre zeigten die Varianten „feucht-trocken“ und „feucht“ der Düngestufe N1 höhere Konzentrationen. Dieser Effekt war bei der Düngestufe N2 nicht zu beobachten, wodurch es zu einer signifikanten Wechselwirkung zwischen Düngung und Bewässerung kam. Der Anteil an der Gesamtvariabilität lag bei 19%.

Nach Füllung: Der Einfluss des **Jahres** an der Gesamtvariabilität der Konzentration an freier IES war mit 30% signifikant. Die höchste Konzentration wies das Jahr 2007 mit 26 µg/L vor dem Jahr 2006 mit 18 µg/L auf, während das Jahr 2008 mit 12 µg/L die geringste Konzentrationen zeigte.

Die **Düngung** hatte bei der varianzanalytischen Berechnung einen signifikanten Anteil von 9% an der Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Konzentration im Wein nach der Füllung. Im Mittel über alle Versuchsjahre lag die Gesamt-IES-Konzentration bei der Düngestufe N1 bei 22 µg/L und bei der Düngestufe N2 bei 15 µg/L.

Die **Bewässerung** hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der freien IES im Wein nach der Füllung.

Nach Lagerung: Mit 25% hat das Jahr einen signifikanten Einfluss an der Gesamtvariabilität der freien IES-Konzentration im Wein nach der Lagerung. Die Konzentration bewegten sich zwischen 15 µg/L (2006), 23 µg/L (2007) und 14 µg/L im Jahr 2008.

Termin: Die im Most vorliegenden Konzentrationen an Gesamt-IES lagen im Mittel über alle Varianten und Jahre bei 95 µg/L. Diese nahmen während der Gärung im Mittel auf 52 µg/L ab. Eine Ausnahme bildeten die beiden Varianten „N1 feucht“ und „N1 feuchttrocken“ in den Jahren 2007 und 2008, bei denen eine Zunahme der Gesamt-IES zu beobachten war.

Ab Gärende bis zur Abfüllung des Weines war eine signifikante Abnahme der Gesamt-IES-Konzentration zu beobachten. Im Mittel nahm die Konzentration auf 19 µg/l ab. Während der Flaschenlagerung konnte eine geringe Abnahme der Gesamt-IES-Konzentration im Vergleich zum Zeitpunkt nach Füllung festgestellt werden. Die Konzentrationen zu diesem Zeitpunkt waren mit 17 µg/L im Mittel etwas geringer im Vergleich zu den Konzentrationen nach der Flaschenfüllung. Im Mittel war eine Abnahme der IES-Konzentration von 70% vom Zeitpunkt nach der Gärung bis zum Termin nach Lagerung zu verzeichnen.

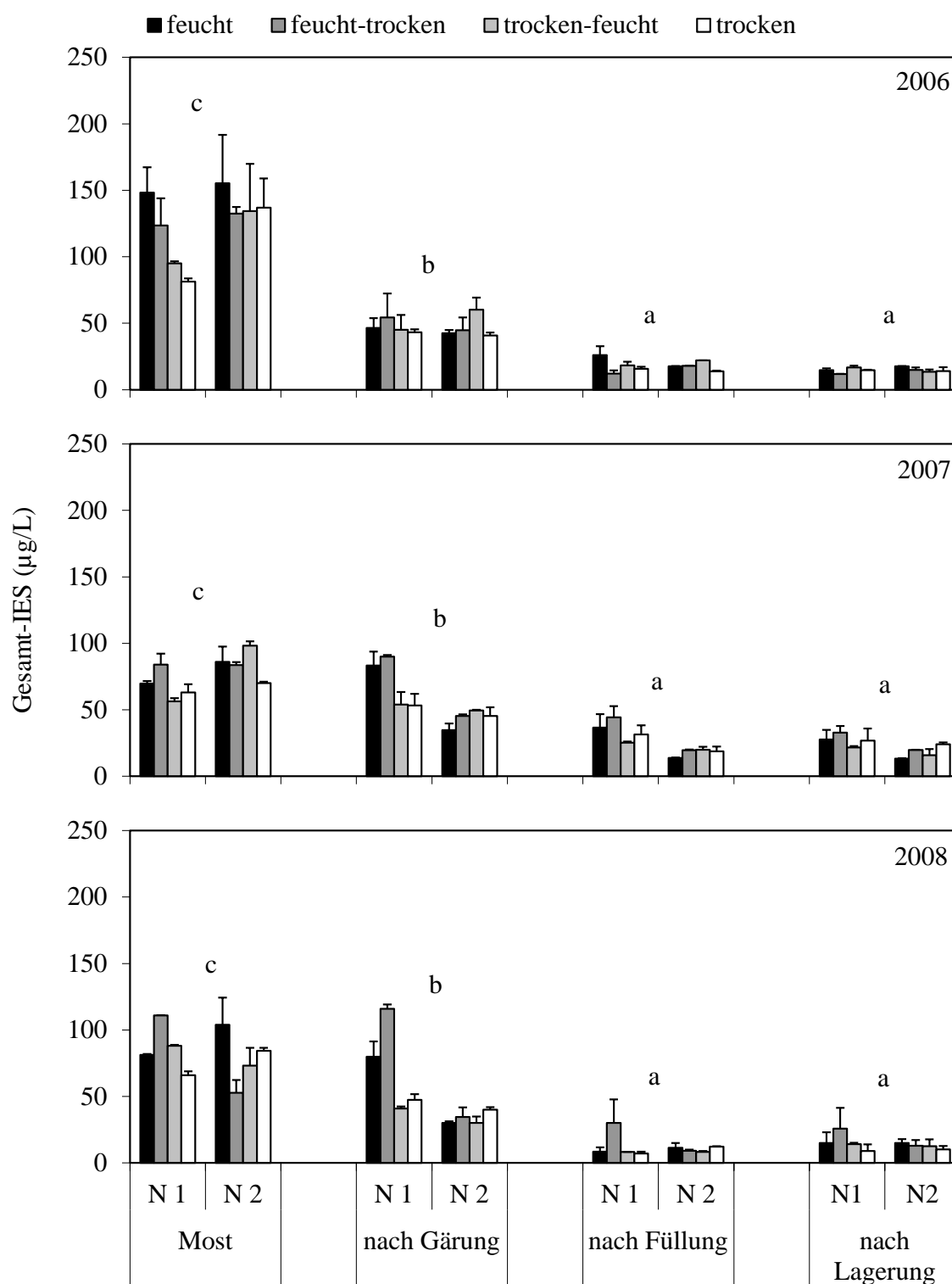


Abbildung 4-51: Gesamt-IES-Konzentration (µg/L) im Verlauf des Weinausbaus bei der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Tabelle 4-47: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-IES im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Düngung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein, zweifaktoriell				
	Jahr	Düngung	Bewässerung	Düngung × Bewässerung	Rest
Most	46,7 ***	3,4	7,4	6,9	33,5
N1	43,3 ***		28,7		28,1
N2	60,1 ***		6,8		33,1
nach Gärung	3,5	24,7 ***	12,3 *	19,4 **	40,2
N1	20,3		46,3 **		33,4
N2	33,9 *		15,4		50,7
nach Füllung	30,1 ***	9,4 *	4,4	5,5	50,7
N1	43,2 **		11,7		45,2
N2	60,8 ***		4,0		35,2
nach Lagerung	24,8 **	6,5	3,7	2,5	62,6
N1	35,0 *		7,3		57,7
N2	25,0 *		3,2		71,8

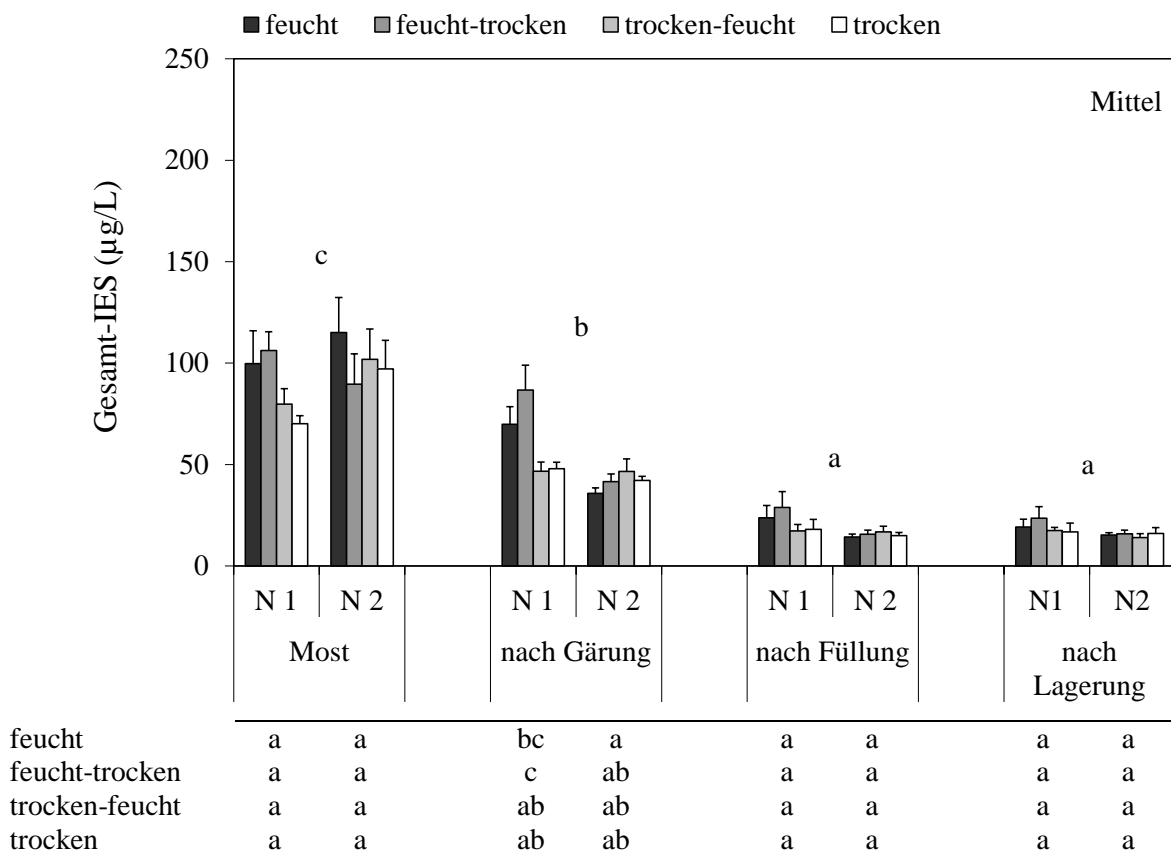


Abbildung 4-52: Gesamt-IES-Konzentration (µg/L) im Verlauf des Weinausbaus der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 6) in Abhängigkeit der Düngung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

4.4.1.3 Antioxidatives Potential

Das **Jahr** hatte auf die Gesamtvariabilität des antioxidativen Potentials im Weinen keinen signifikanten Einfluss.

Der Anteil der **Düngung** an der Gesamtvariabilität lag bei 22% und war signifikant. Im Mittel wies die Düngestufe N1 0,13 mmol/L auf, während die Düngestufe N2 bei 0,18 mmol/L Ascorbinsäureäquivalent lag.

Die **Bewässerung** hatte einen signifikanten Anteil von 30%. Im Mittel über alle Jahrgänge zeigte sich ein signifikanter Unterschied bei der Variante „N2 trocken-feucht“

. Diese Variante zeigte über alle drei Jahrgänge das höchste antioxidative Potential. Bei der Düngestufe N1 gab es keinen signifikanten Unterschied, was zu einer Wechselwirkung zwischen Düngung und Bewässerung führte.

Tabelle 4-48: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität des antioxidativen Potentials im Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Düngung und Bewässerung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Düngung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	N1	N2
Jahr	2,3	0,5	33,0 *	0,5
Düngung	22,4	24,5 ***		
Bewässerung	29,6	10,8 ***	25,5	62,7 ***
Düngung × Bewässerung	11,3	4,1 *		
Rest	34,4		41,5	36,7

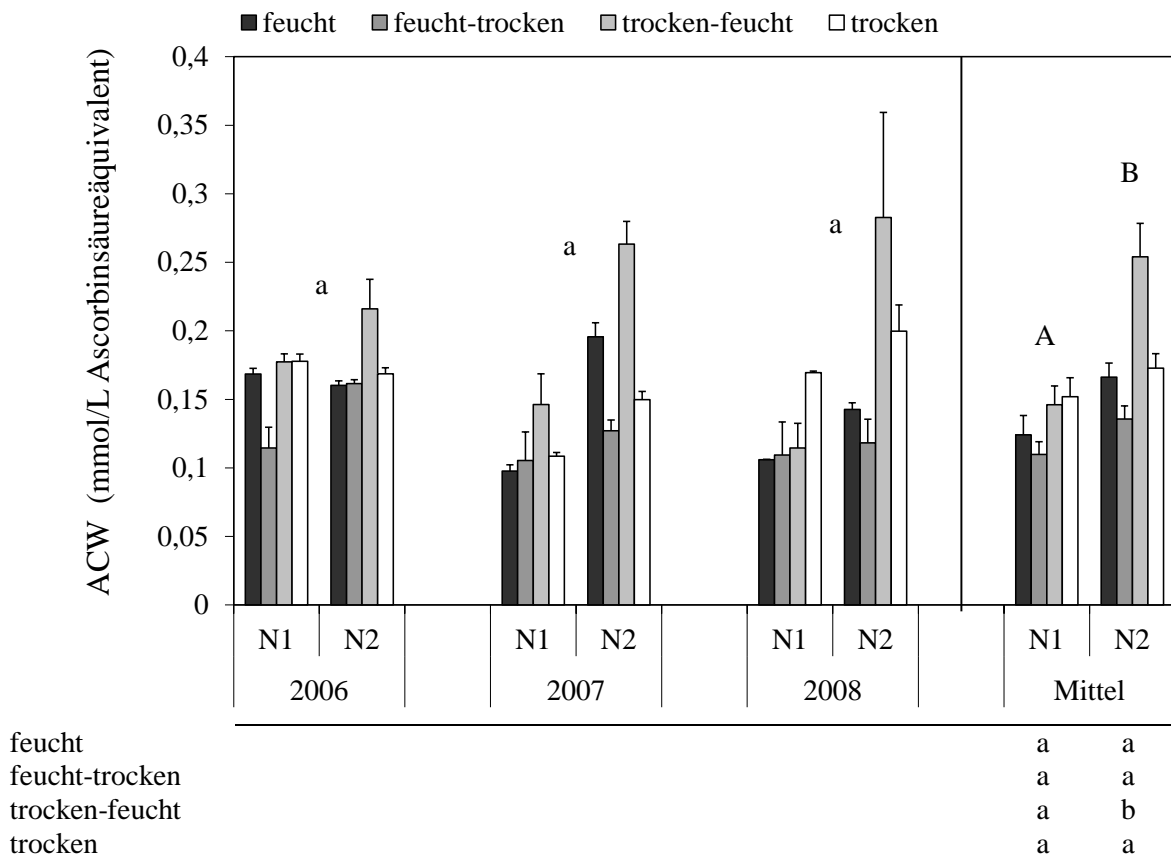


Abbildung 4-53: Antioxidatives Potential (mmol/L Ascorbinsäureäquivalent) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Düngung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen N1 und N2 ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

4.4.2 Strahlung beim Gefäßversuch

4.4.2.1 Freie Indolessigsäure

Most: Das Jahr hatte einen signifikanten Einfluss von 23% auf die Gesamtvariabilität der Konzentration an freier IES.

Der **Strahlungseinfluss zu den einzelnen Terminen** war nur beim Most mit 39% signifikant, dennoch sollte dies aufgrund der geringen gefundenen Konzentrationen nicht überbewertet werden.

Nach Gärung: Der Einfluss des **Jahres** an der Gesamtvariabilität der Konzentration an freier IES war mit 65% signifikant. Die höchste Konzentration wies das Jahr 2007 mit 30 $\mu\text{g/L}$, vor dem Jahr 2007 mit 29 $\mu\text{g/L}$ auf, während das Jahr 2006 mit 14 $\mu\text{g/L}$ geringere

Konzentrationen zeigte. Die **Strahlung** hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der Konzentration an freier IES.

Nach Füllung: Mit 35% hat das **Jahr** einen signifikanten Einfluss an der Gesamtvariabilität der freien IES-Konzentration im Wein nach der Füllung. Die Konzentrationen bewegten sich zwischen 1,5 µg/L (2006), 8,1 µg/L (2007) und 8,4 µg/L im Jahr 2008. Die **Strahlung** hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der Konzentration an freier IES.

Nach Lagerung: Der Einfluss des **Jahres** an der Gesamtvariabilität der Konzentration an freier IES war mit 45% signifikant. Die höchste Konzentration wies das Jahr 2007 mit 10 µg/L, vor dem Jahr 2008 mit 6,9 µg/L auf, während das Jahr 2006 mit 1,2 µg/L geringere Konzentrationen zeigte.

Es war kein signifikanter Einfluss der Strahlung auf die Gesamtvariabilität der Konzentration an freier IES im Wein nach Lagerung zu beobachten. Auffallend war die höhere Konzentration bei der Variante UV-B Kontrolle, was sich im Mittel über alle Jahre nicht signifikant auswirkte.

Termin: Im Most sind nur sehr geringe Konzentrationen an freier IES enthalten, die sich an der Nachweisgrenze (1 µg/L) befanden. Während der Gärung war bei allen Varianten eine signifikante Zunahme zu erkennen. Die Konzentration an freier IES stieg im Mittel während der Gärung auf 24 µg/L.

Ab Gärende bis zur Abfüllung des Weines war eine signifikante Abnahme der IES-Konzentration auf 6 µg/L zu verzeichnen. Während der einjährigen Flaschenlagerung konnte keine nennenswerte Veränderung der freien IES im Vergleich zum Zeitpunkt nach Füllung festgestellt werden.

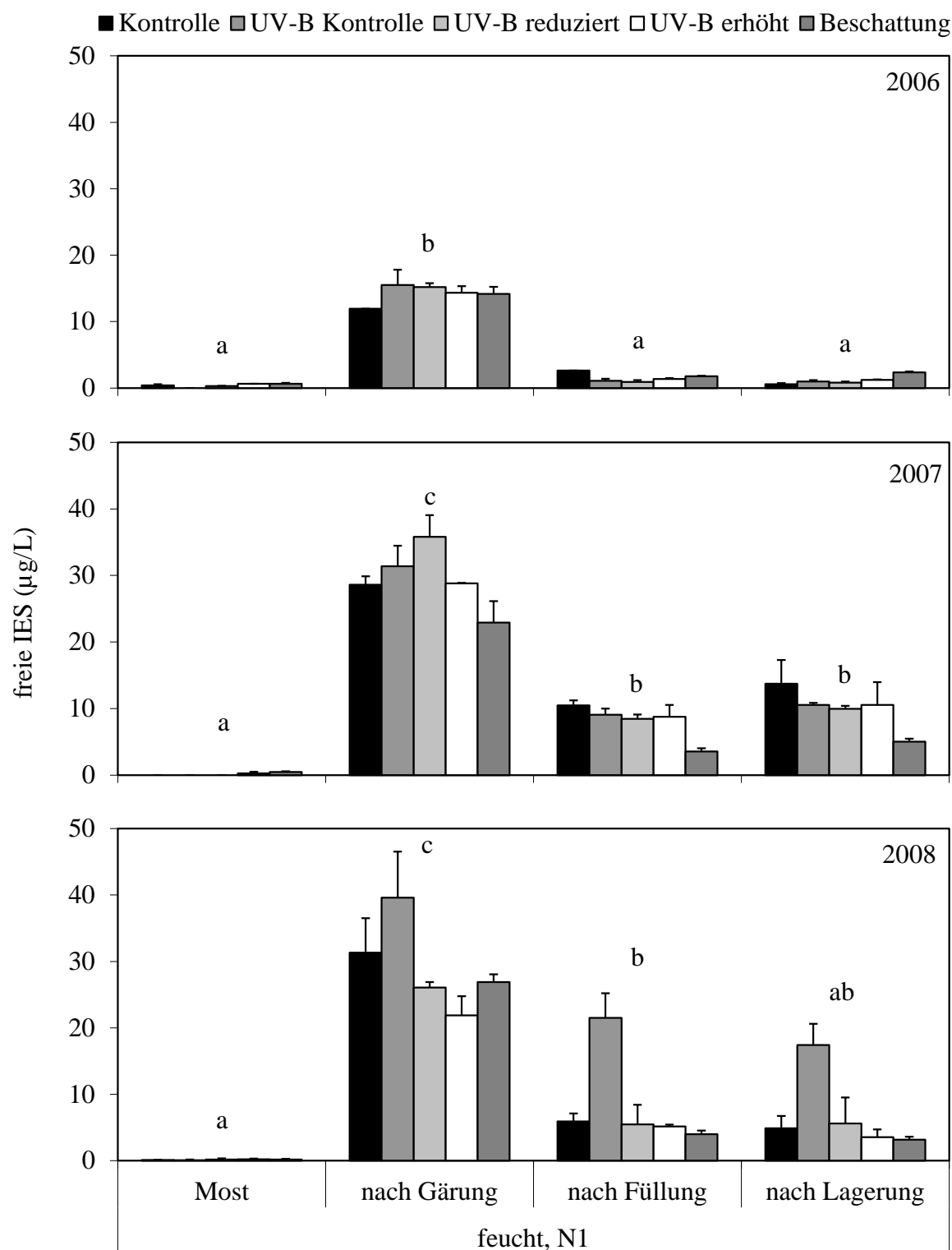
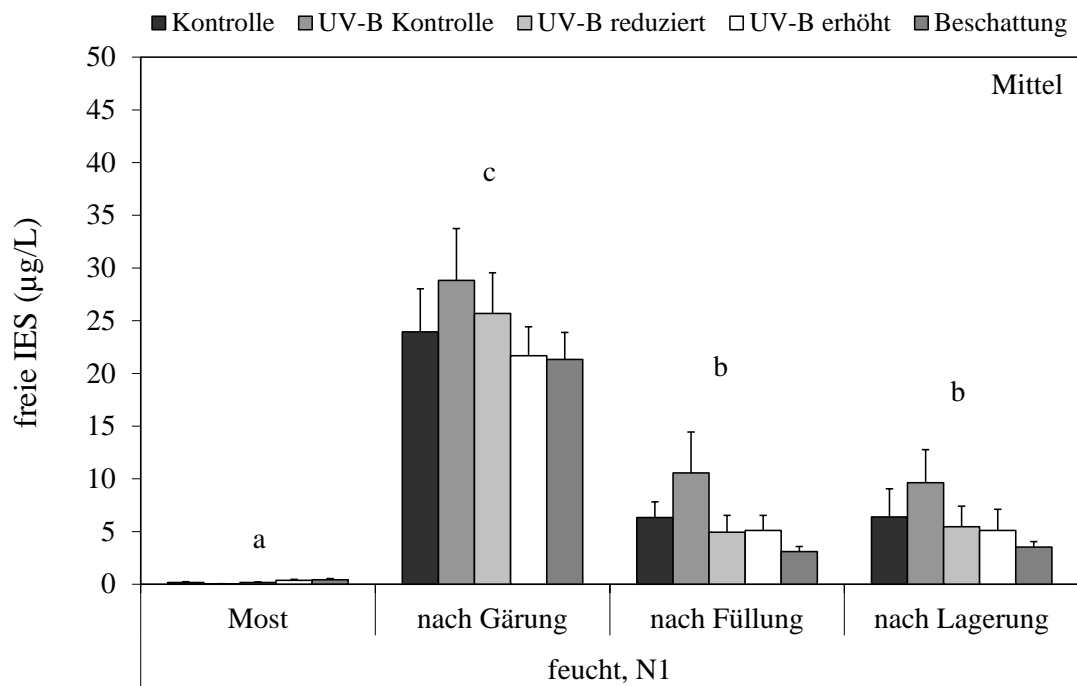


Abbildung 4-54: Freie IES-Konzentration (µg/L) im Verlauf des Weinausbaus der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Tabelle 4-49: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der IES-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung von Jahr und Strahlung sowie der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	einfaktoriell		
	Jahr	Strahlung	Rest
Most	23,2 *	39,2 *	37,6
nach Gärung	65,4 ***	9,9	24,7
nach Füllung	35,2 **	22,0	42,9
nach Lagerung	45,4 ***	14,2	40,4



Kontrolle	ab	a	a	a
UV-B Kontrolle	ab	a	a	a
UV-B reduziert	ab	a	a	a
UV-B erhöht	a	a	a	a
Beschattung	b	a	a	a

Abbildung 4-55: Freie IES-Konzentration (µg/L) im Verlauf des Weinausbaus der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 6) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in der Tabelle unter der Abbildung dargestellt.

4.4.2.2 Gesamt-Indolessigsäure

Die **Strahlung** hatte im Mittel über alle drei Jahre zu keinem Termin einen signifikanten Einfluss auf die Konzentration an Gesamt-IES.

Most: Das **Jahr** hatte einen signifikanten Einfluss von 62% auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Konzentration im Most. Die Konzentrationen lagen im Jahr 2006 bei 142 µg/L, im Jahr 2007 bei 70 µg/L und im Jahr 2008 bei 85 µg/L.

Nach Gärung: Auf die Gesamt-IES-Konzentration nach der Gärung hatte das **Jahr** einen signifikanten Anteil von 50%. Den höchsten Wert nach der Gärung wies im Mittel über alle Varianten das Jahr 2008 mit 74 µg/L auf, gefolgt von 2007 mit 73 µg/L und 2006 mit 45 µg/L.

Nach Füllung: Der Einfluss des **Jahres** an der Gesamtvariabilität der Konzentration an Gesamt-IES war mit 37% signifikant. Die höchste Konzentration wies das Jahr 2007 mit 28 µg/L vor dem Jahr 2006 mit 17 µg/L auf, während das Jahr 2008 mit 14 µg/L geringere Konzentrationen zeigte.

Nach Lagerung: Mit 25% hat das Jahr einen signifikanten Einfluss an der Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Konzentration im Wein nach der Lagerung. Die Konzentration bewegten sich zwischen 12 µg/L (2006), 22 µg/L (2007) und 21 µg/L im Jahr 2008.

Termin: Die im Most vorliegenden Konzentrationen an Gesamt-IES nahmen im Jahr 2006 bei allen Varianten ab, während in den Jahren 2007 und 2008 bei einigen Varianten auch eine Zunahme der Gesamt-IES zu beobachten war. Dies führte im Jahr 2006 zu einem signifikanten Anstieg der Gesamt-IES-Konzentration während der Gärung, während dies in den beiden anderen Versuchsjahren nicht der Fall war. Im Mittel über alle drei Versuchsjahre und Varianten lag die IES-Konzentration im Most bei 99 µg/L und im Wein nach der Gärung bei 64 µg/L.

Nach der Abfüllung des Weines war bei allen drei Versuchsjahren und bei allen Varianten eine Abnahme der Gesamt-IES-Konzentration auf 20 µg/L zu beobachten. Während der Lagerung des Weines kam es nicht mehr zu einer signifikanten Veränderung der Gesamt-IES-Konzentration, die bei 18 µg/L lag.

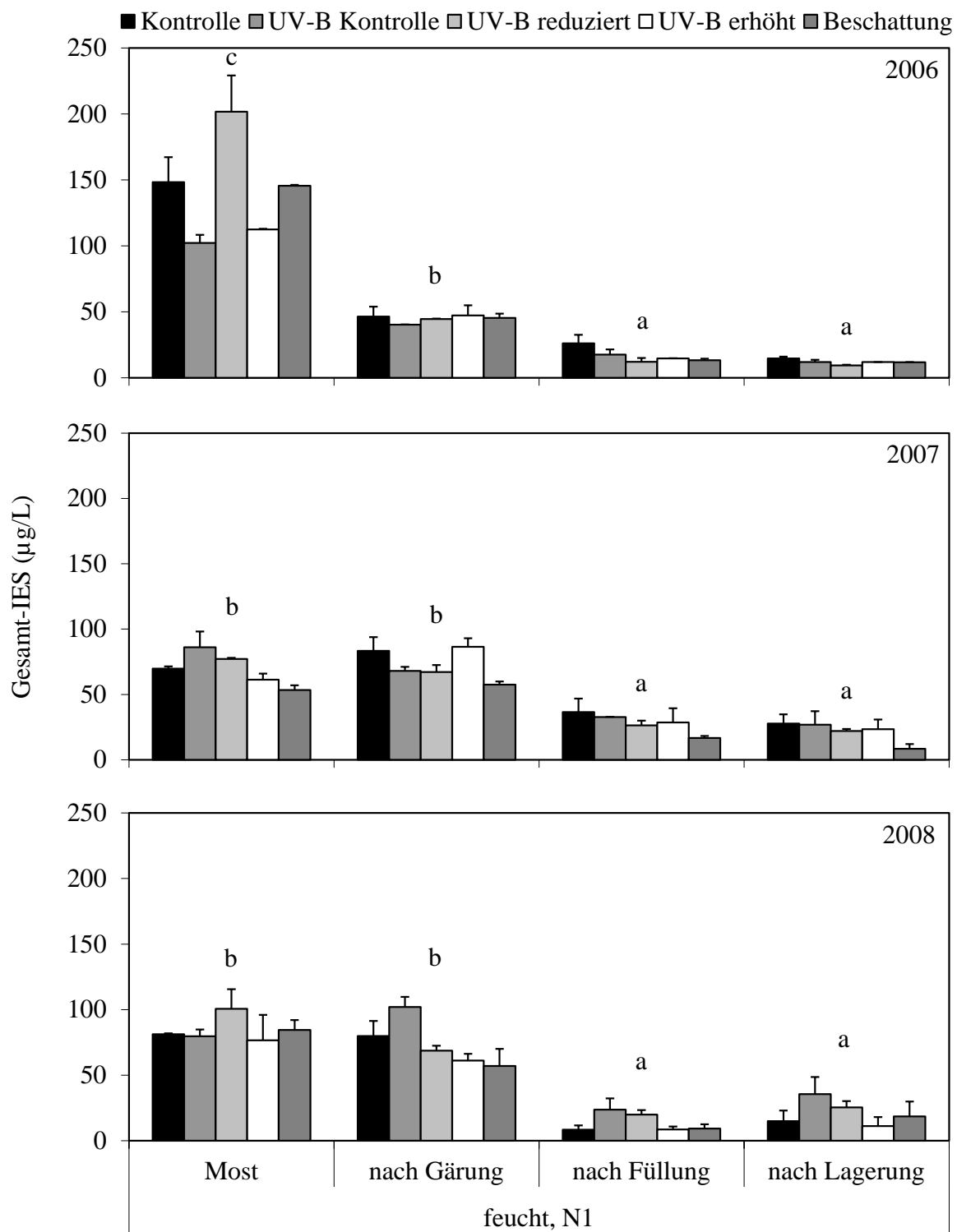


Abbildung 4-56: Gesamt-IES-Konzentration (µg/L) im Verlauf des Weinausbaus der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Tabelle 4-50: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Konzentration im Wein. Einfaktorielle Bewertung von Jahr und Strahlung sowie der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	einfaktoriell		
	Jahr	Strahlung	Rest
Most	61,7 ***	14,0	24,3
nach Gärung	50,4 ***	11,3	38,3
nach Füllung	36,7 **	17,4	45,9
nach Lagerung	18,9	15,0	66,1

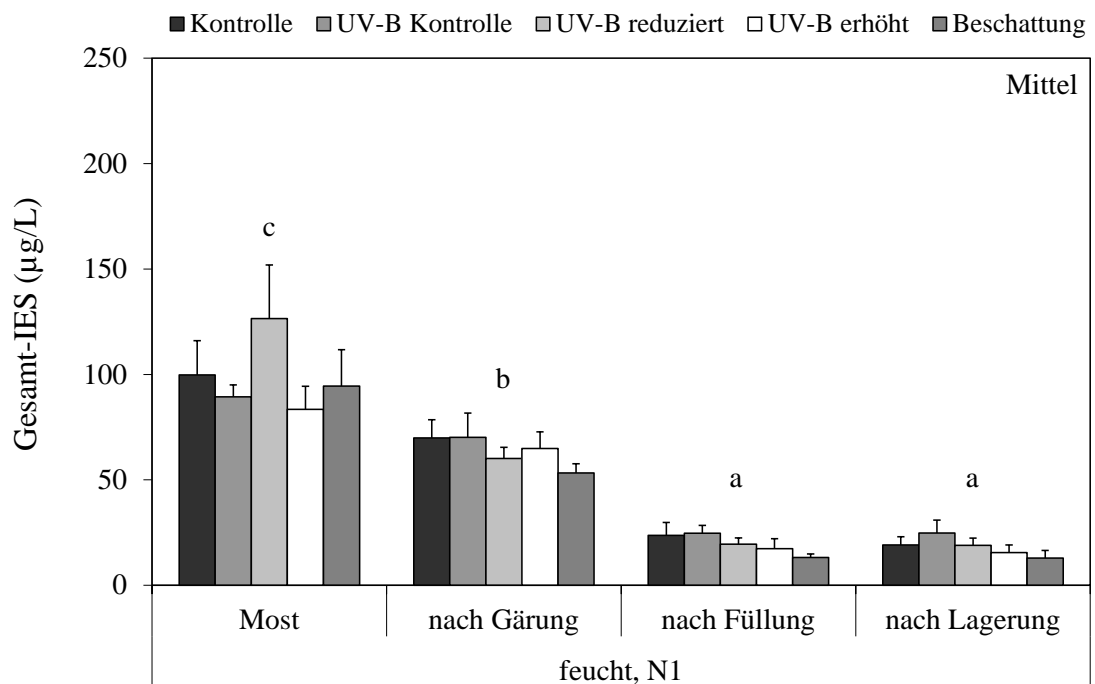


Abbildung 4-57: Gesamt-IES-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Verlauf des Weinausbaus der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 6$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.4.2.3 Antioxidatives Potential

Die Strahlungsvarianten zeigten zwischen den **Jahrgängen** signifikante Unterschiede. 2006 lag das antioxidative Potential bei 0,15 mmol/L, die tiefsten Werte waren 2007 mit 0,09 mmol/L zu beobachten und das Jahr 2008 lag bei 0,12 mmol/L.

Die **Strahlung** hatte einen Anteil an der Gesamtvariabilität von 3% und war nicht signifikant.

Tabelle 4-51: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität des antioxidativen Potentials im Wein. Einfaktorielle Bewertung der Strahlung sowie der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

	einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert
Jahr	69,2	30,3 ***
Strahlung	2,6	0,2
Rest	28,2	

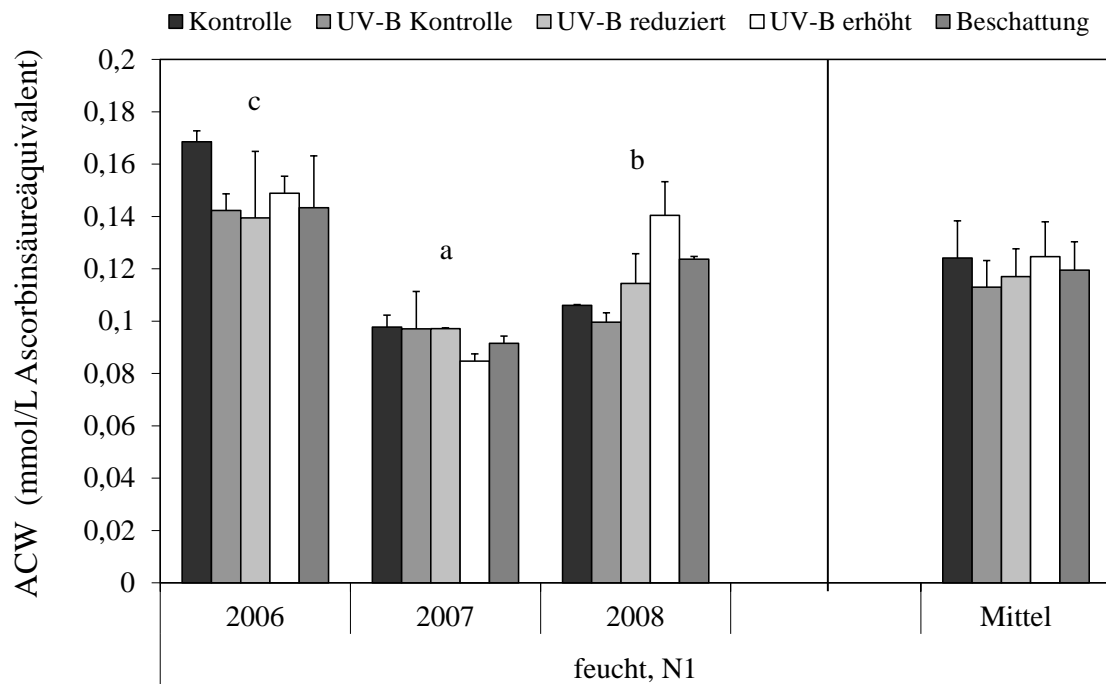


Abbildung 4-58: Antioxidatives Potential (mmol/L Ascorbinsäureäquivalent) im Wein der Sorte Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

4.4.3 Zusammenhang zwischen Indolessigsäure, antioxidativem Potential und 2-Aminoacetophenon

4.4.3.1 Indolessigsäure und 2-Aminoacetophenon

Freie IES - IES-Abnahme: Zwischen der Konzentration an freier IES nach Gärung und der Abnahme der IES-Konzentration während der Lagerung gab es einen positiven signifikanten Zusammenhang. Über alle Jahre berechnet lag das Bestimmtheitsmaß bei 0,795.

Tabelle 4-52: Bestimmtheitsmaß r^2 und Steigung m bei freier IES im Wein nach Gärung und Gesamt-IES im Wein nach Gärung als unabhängige Variable und die Abnahme der freien und Gesamt-IES (von Gärung bis nach der Lagerung), der Konzentration an AAP im Wein und der Umsatzrate als abhängige Variablen (n: je 48, gesamt: 144) (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

		2006- 2008	2006	2007	2008	Strah- lung	Bewäs- serung	N1	N2
freie IES									
freie IES- Abnahme	r^2	0,795 ***	0,968 ***	0,888 ***	0,779 ***	0,572 ***	0,825 ***	0,813 ***	0,308 ***
	m	0,707	0,966	0,768	0,794	0,530	0,741	0,706	0,416
AAP	r^2	0,009	0,179	0,091	0,148	0,002	0,001	0,070	0,076
	m	-0,001	-0,016	-0,003	0,003	-0,001	0,000	0,002	0,006
freie IES- Umsatzrate	r^2	0,175 ***	0,540 ***	0,275 ***	0,217 ***	0,149 **	0,159 ***	0,122 **	0,040
	m	-0,114	-0,531	-0,098	-0,156	-0,043	-0,112	-0,020	-0,180
Gesamt-IES									
Gesamt-IES- Abnahme	r^2	0,818 ***	0,905 ***	0,799 ***	0,829 ***	0,756 ***	0,847 ***	0,825 ***	0,771 ***
	m	0,824	1,069	0,796	0,837	0,799	0,841	0,846	0,860
AAP	r^2	0,006	0,000	0,193 **	0,084 *	0,004	0,000	0,053	0,167 **
	m	0,000	0,000	-0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,004
Gesamt-IES- Umsatzrate	r^2	0,201 ***	0,215 ***	0,278 ***	0,198 ***	0,143 **	0,249 ***	0,223 ***	0,167 **
	m	-0,028	-0,050	-0,037	-0,021	-0,028	-0,026	-0,011	-0,044
IES-Abnahme									
AAP	r^2	0,001	0,185 **	0,110 *	0,170 *	0,036	0,000	0,190 ***	0,050
	m	0,000	-0,017	-0,004	0,003	0,004	0,000	0,005	0,007
Gesamt-IES-Abnahme									
AAP	r^2	0,000	0,004	0,180 **	0,141 **	0,000	0,010	0,162 **	0,003 *
	m	0,000	-0,001	-0,003	0,001	0,000	0,001	0,002	0,003

Freie IES - AAP: Es lag kein signifikanter Zusammenhang zwischen der freien IES-Konzentration nach Gärung und der AAP-Konzentration im Wein nach Lagerung vor.

Freie IES – IES-Umsatzrate: Zwischen der Konzentration an freier IES nach Gärung und der Umsatzrate war über alle Jahre ein signifikanter negativer Zusammenhang zu erkennen.

Gesamt IES - Gesamt-IES-Abnahme: Bei Müller-Thurgau zeigte sich sowohl auf alle Jahre bezogen, als auch in den einzelnen Jahren ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Konzentration an Gesamt-IES im Wein und der Gesamt-IES-Abnahme während der Lagerung des Weines. Dabei führte eine hohe Konzentration an Gesamt-IES im Wein auch immer zu einer erheblichen Gesamt-IES-Abnahme.

Gesamt-IES - AAP: Zwischen der Konzentration an Gesamt-IES im Wein nach Gärung und der AAP-Konzentration gab es nur einen geringen Zusammenhang. Der größte Zusammenhang war bei der N2 zu finden.

Gesamt-IES – Gesamt-IES-Umsatzrate: Ein negativer Zusammenhang war zwischen der Gesamt-IES-Konzentration im Wein und der Umsatzrate zu beobachten.

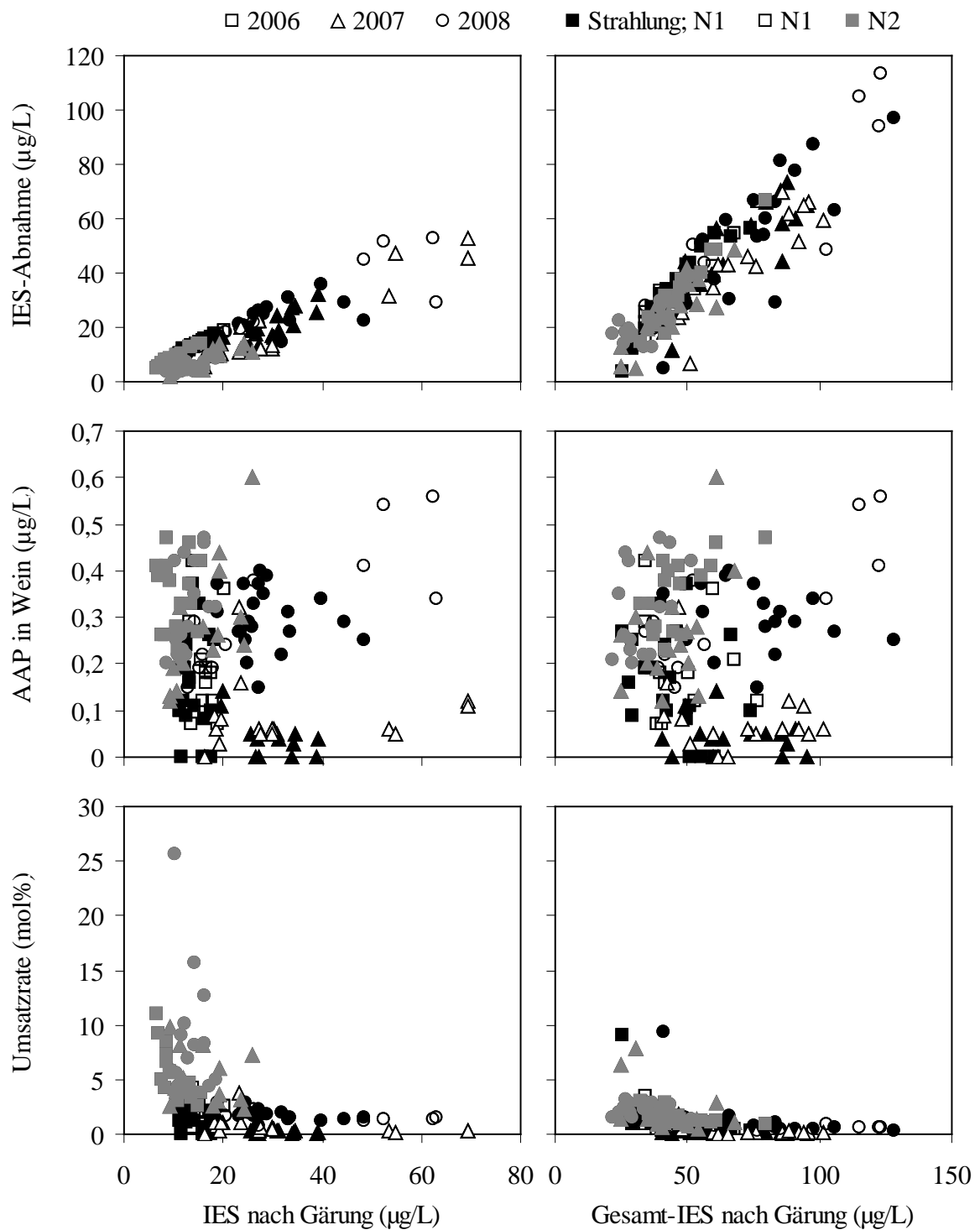


Abbildung 4-59: Zusammenhang zwischen freier IES nach der Gärung als unabhängige Variable und der IES-Abnahme, AAP im Wein und Umsatzrate (Umsatz von abgebauter IES zu AAP) als abhängige Variablen in den Jahren 2006-2008 ($n = 144$) bei unterschiedlicher Strahlung, Düngung und Bewässerung.

Zusammenhang zwischen Gesamt-IES nach der Gärung als unabhängige Variable und der IES-Abnahme, AAP im Wein und Umsatzrate als abhängige Variablen in den Jahren 2006-2008 bei unterschiedlicher Strahlung, Düngung und Bewässerung.

4.4.3.2 Antioxidatives Potential und 2-Aminoacetophenon

AOP - freie IES-Abnahme: Zwischen dem AOP und der IES-Abnahme während der Lagerung gab es einen signifikanten Zusammenhang. Die Steigung war immer negativ. Über alle Jahre berechnet lag das Bestimmtheitsmaß bei 0,225.

AOP - -IES-Umsatzrate: Der Zusammenhang zwischen dem AOP und der Umsatzrate war signifikant und positiv. Eine Ausnahme bildete hier die Düngestufe N2, bei der ein negativer Zusammenhang vorlag.

AOP - AAP-Zunahme: Zwischen dem AOP im Wein und der AAP-Konzentration im Wein lag ein geringer Zusammenhang vor. Das höchste Bestimmtheitsmaß war bei der Düngestufe N2 zu finden und die Steigung war negativ.

AOP - Gesamt-IES-Abnahme: Zwischen dem AOP und der Gesamt-IES-Abnahme im Wein während der Lagerung gab es einen negativen Zusammenhang. Eine Ausnahme bildete hier die Düngestufe N2.

AOP - Gesamt-IES Umsatzrate: Über alle Jahre konnte nur ein geringer nicht signifikanter Zusammenhang zwischen dem AOP und der Gesamt-IES Umsatzrate gefunden werden.

Tabelle 4-53: Bestimmtheitsmaß r^2 und Steigung m bei AOP Wein als unabhängige Variable und die Abnahme der freien und Gesamt-IES (von Gärung bis nach der Lagerung), der Konzentration an AAP im Wein und der Umsatzrate als abhängige Variablen (n: je 48, gesamt: 144) (* $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$).

		2006- 2008	2006	2007	2008	Strah- lung	Bewäs- serung	N1	N2
AOP									
IES- Abnahme	r^2	0,225 ***	0,261 ***	0,250 ***	0,178 **	0,254 ***	0,177 ***	0,143 **	0,036
	m	-92,19	-57,68	-100,9	-	-108,7	-85,94	-136,2	-10,76
IES- Umsatzrate	r^2	0,107 ***	0,336 ***	0,390 ***	0,012	0,202 ***	0,047 **	0,120 *	0,033
	m	21,85	48,14	29,09	8,456	15,41	15,23	9,217	-12,47
AOP									
AAP- Zunahme	r^2	0,030 *	0,145 **	0,102 *	0,063	0,050	0,002	0,002	0,174 **
	m	0,480	0,170	0,762	-	0,989	0,124	0,151	-0,745
AOP									
Gesamt-IES- Abnahme	r^2	0,117 ***	0,000	0,139 **	0,143 **	0,156 **	0,088 **	0,168 **	0,023
	m	-141,0	-8,792	-127,0	-	-277,3	-113,4	-277,1	30,39
Gesamt-IES- Umsatzrate	r^2	0,018	0,004	0,038	0,004	0,031	0,007	0,124 *	0,122 *
	m	3,803	2,848	5,241	1,520	9,894	1,864	6,033	-7,687

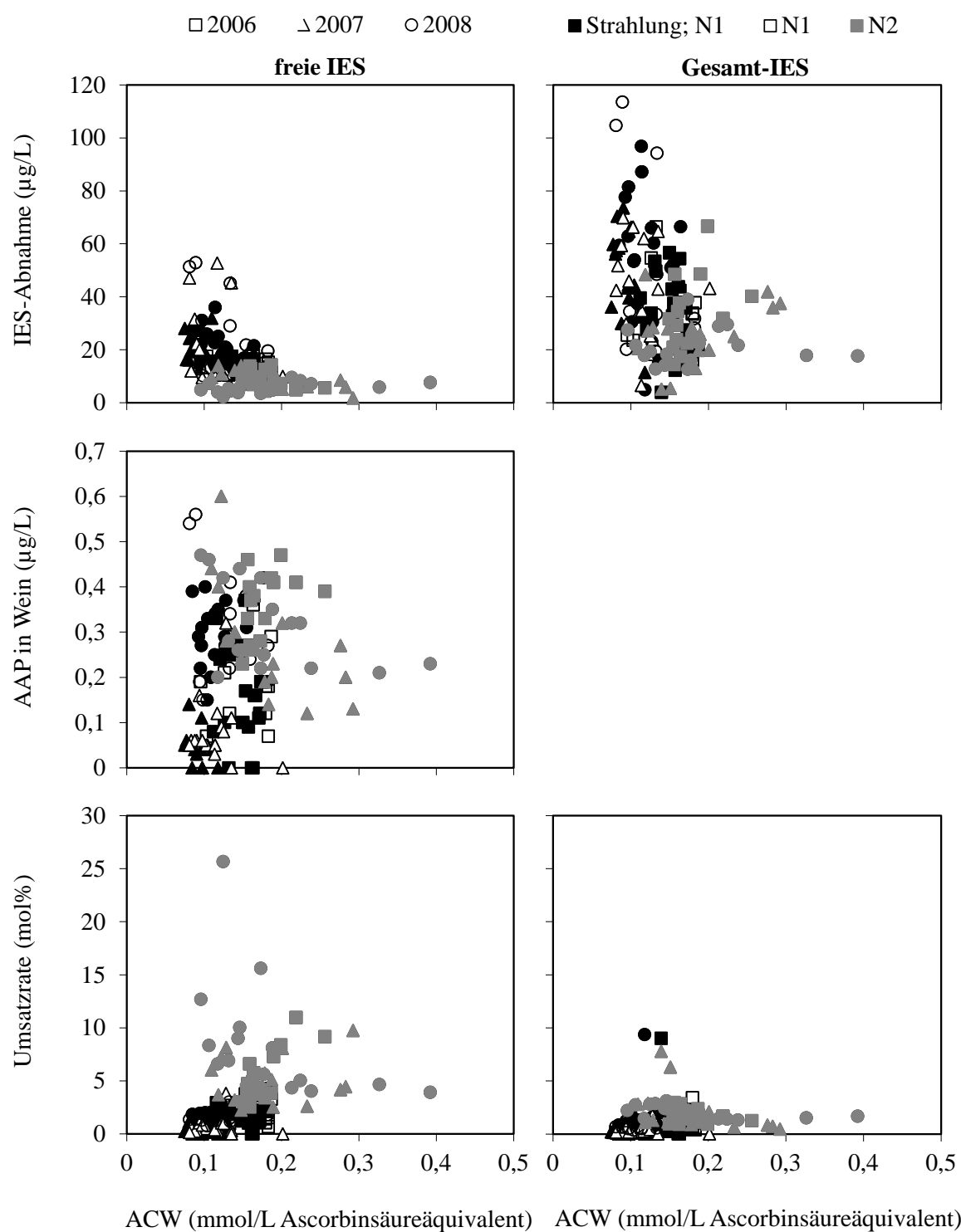


Abbildung 4-60: Zusammenhang zwischen dem antioxidativen Potential im Wein als unabhängige Variable und der Abnahme der freien / Gesamt-IES, AAP im Wein und Umsatzrate (Umsatz von abgebauter IES zu AAP) als abhängige Variablen in den Jahren 2006-2008 (n = 144) und bei unterschiedlicher Strahlung, Düngung und Bewässerung.

4.4.4 Einfluss unterschiedlicher Vitis-Arten beim Gefäßversuch

4.4.4.1 Freie Indolessigsäure

Das **Jahr** hatte bei den einzelnen Sorten zu jedem Termin einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der IES-Konzentration. Im Most war bei der Sorte Müller-Thurgau kein signifikanter Einfluss des Jahres auf die Gesamtvariabilität der IES-Konzentration zu finden.

Die **Sorte** hatte zu allen Terminen einen signifikanten Einfluss auf die Konzentration an freier IES. Im Mittel über alle Jahre war zu jedem Termin die Konzentration bei Niagara höher als bei Müller-Thurgau.

Die **Behandlung** hatte weder bei Müller-Thurgau noch bei Niagara zu keinem Termin einen signifikanten Einfluss auf die Konzentration an freier IES.

Termin: Bei der Sorte Müller-Thurgau stieg die Konzentration an freier IES während der Gärung signifikant an und erreichte im Wein nach der Gärung 21,8 µg/L. Vom Zeitpunkt nach der Gärung bis zur Füllung der Weine kam es zu einer signifikanten Abnahme der Konzentration an freier IES auf 5,7 µg/L. Während der Flaschenlagerung konnte keine signifikante Veränderung mehr beobachtet werden. Die Konzentrationen lagen nach der Lagerung bei 5,3 µg/L.

Dieser Anstieg während der Gärung war auch bei der Sorte Niagara zu erkennen, wobei er 2007 und 2008 signifikant und 2006 nicht signifikant war. Die Konzentration an freier IES nach der Gärung lag bei 45,1 µg/L. Die Abnahme bis zur Flaschenfüllung war in den Jahren 2006 und 2007 nicht signifikant und deutlich geringer als bei der Sorte Müller-Thurgau. Beim Jahrgang 2008 nahm bei Niagara bis zur Flaschenabfüllung die Konzentration an freier IES signifikant ab. Im Mittel über alle Versuchsjahre und Varianten lag bei der Sorte Niagara nach der Füllung eine Konzentration an freier IES von 30,0 µg/L vor. Während der Lagerung wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. In den Jahren 2006 und 2007 kam es zum Teil zu einem Anstieg der freien IES während der Lagerung, wobei die Konzentrationen bei 36,2 µg/L lagen.

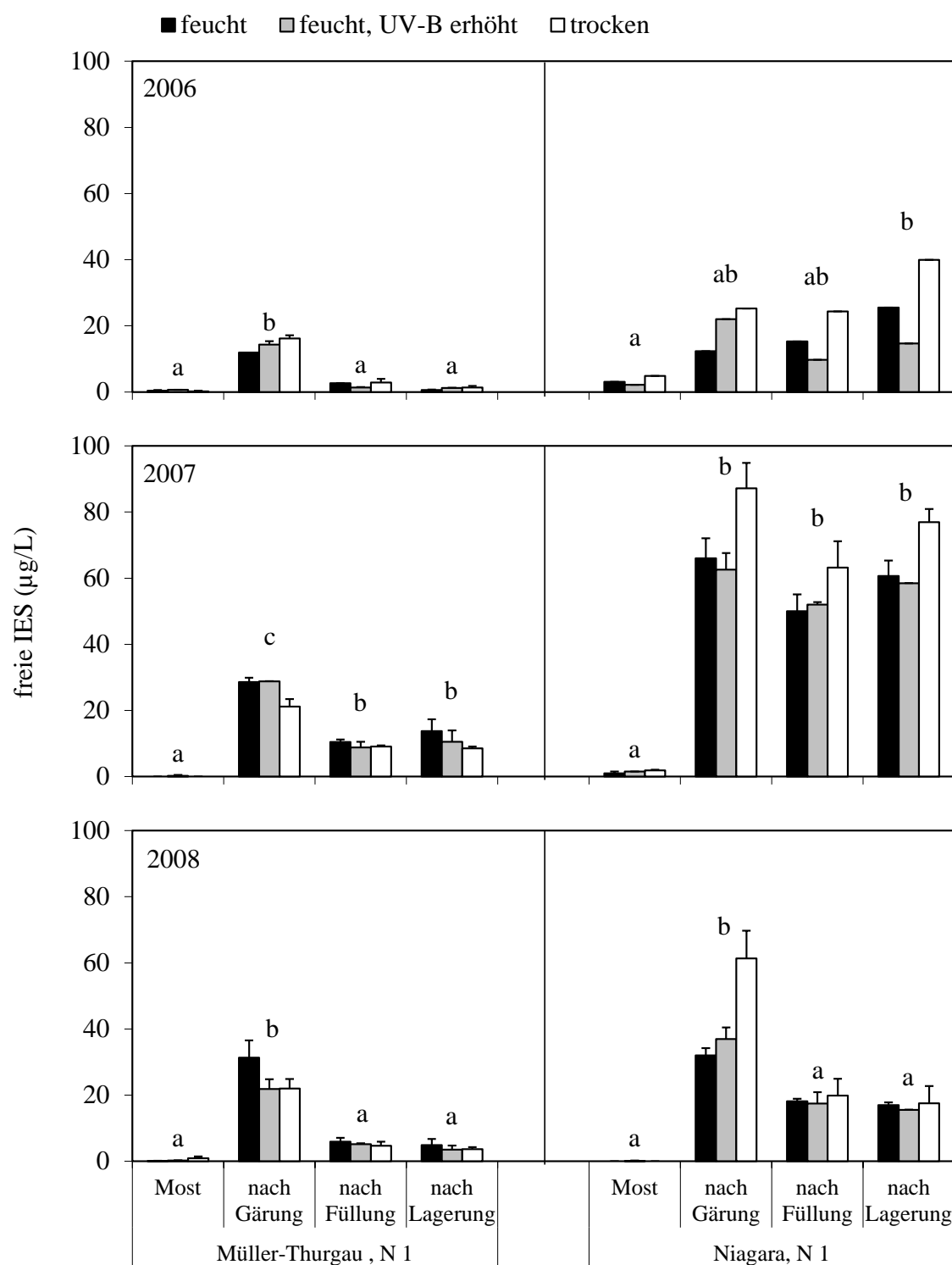


Abbildung 4-61: Freie IES-Konzentration (µg/L) im Verlauf des Weinausbaus der Sorten Müller-Thurgau (2006-2008; n = 2) und Niagara (2006: n = 1; 2007 und 2008: n = 2) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Die Berechnung erfolgte für die Sorte Müller-Thurgau (links) getrennt von der Sorte Niagara (rechts).

Tabelle 4-54: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der IES-Konzentration im Verlauf des Weinausbaus. Zweifaktorielle Bewertung von Sorte und Behandlung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktorielle Bewertung der Behandlung bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein, zweifaktoriell				
	Jahr	Sorte	Behandlung	Sorte \times Behandlung	Rest
Most	29,3	26,8 *	3,7	2,7	37,6
Müller-Thurgau	17,4		7,0		75,6
Niagara	80,2 **		8,6		11,2
nach Gärung	39,5 *	31,2 *	3,4	6,7	19,3
Müller-Thurgau	62,7 **		6,2		31,1
Niagara	81,2 **		15,3		3,5
nach Füllung	32,7	46,0 **	1,3	1,4	18,6
Müller-Thurgau	87,1 **		2,6		10,3
Niagara	93,0 **		5,0		1,9
nach Lagerung	30,7	48,0 **	1,8	2,3	17,2
Müller-Thurgau	77,2 **		2,8		19,9
Niagara	88,3 **		8,1		3,6

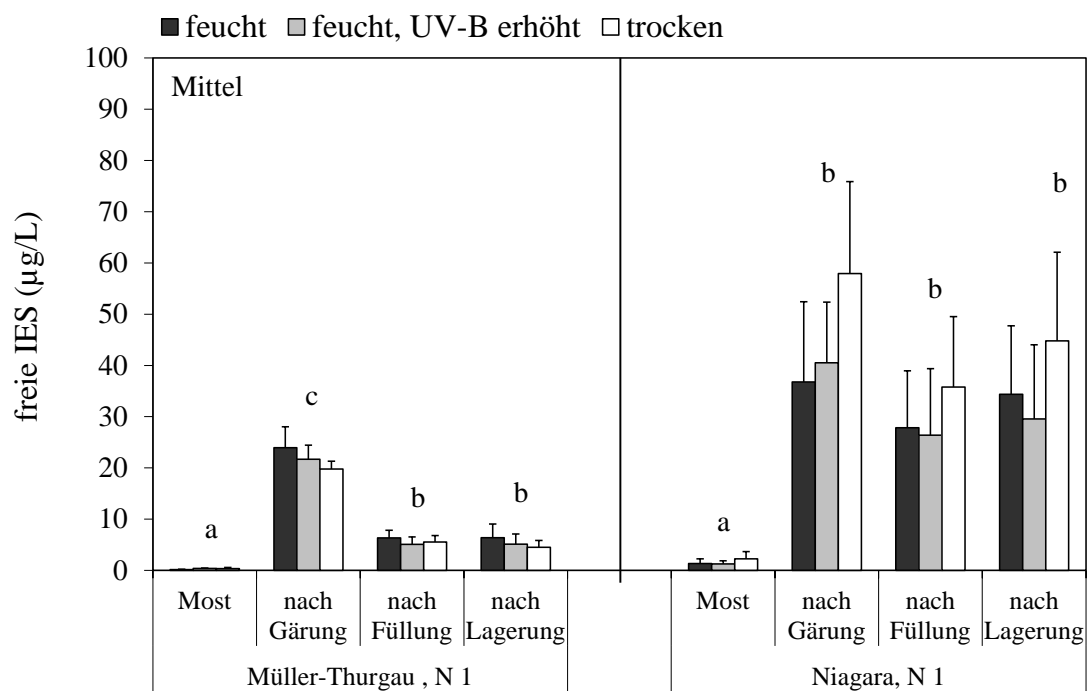


Abbildung 4-62: Freie IES Konzentration (µg/L) im Verlauf des Weinausbaus der Sorten Müller-Thurgau (2006-2008: n = 6) und Niagara (2006-2008: n = 3) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Die Berechnung erfolgte für die Sorte Müller-Thurgau (links) getrennt von der Sorte Niagara (rechts).

4.4.4.2 Gesamt-Indolessigsäure

Das **Jahr** hatte zu jedem Termin bei den einzelnen Sorten einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Konzentration. Eine Ausnahme bildete hierbei das Moststadium bei der Sorte Niagara. Hier lag kein signifikanter Einfluss des Jahres vor.

Die **Sorte** hatte zu allen Terminen einen signifikanten Einfluss auf die Konzentration an Gesamt-IES. Im Mittel über alle Jahre berechnet war zu jedem Termin die Konzentration bei Niagara höher als bei Müller-Thurgau.

Die **Behandlung** hatte weder bei Müller-Thurgau noch bei Niagara zu keinem Termin einen signifikanten Einfluss auf die Konzentration an Gesamt-IES.

Termin

Bei der Sorte Müller-Thurgau war im Mittel über alle Jahre und Varianten eine Abnahme der Gesamt-IES-Konzentration von 84 µg/L auf 61 µg/L zu beobachten. Diese Abnahme war nicht in allen Jahren gleich. Beim Jahrgang 2007 war bei der Kontrolle und der Variante UV-B erhöht eine Zunahme der Gesamt-IES-Konzentration zu sehen.

Von der Lagerung bis zur Füllung der Weine sank die Gesamt-IES-Konzentration auf 20 µg/L. Während der Lagerung des Weines war keine signifikante Veränderung eingetreten.

Bei der Sorte Niagara waren im Most im Mittel 375 µg/L Gesamt-IES zu finden. Im Verlauf der Gärung nahm die Konzentration der Gesamt-IES auf 209 µg/L ab. Diese Abnahme war jedes Jahr zu sehen, wobei sie in den Jahren 2007 und 2008 signifikant war, während dies im Jahr 2006 nicht der Fall war. Vom Zeitpunkt nach der Gärung bis zur Flaschenfüllung reduzierte sich die Gesamt-IES-Konzentration nochmals auf 109 µg/L. Während der Flaschenlagerung konnte keine signifikante Veränderung festgestellt werden.

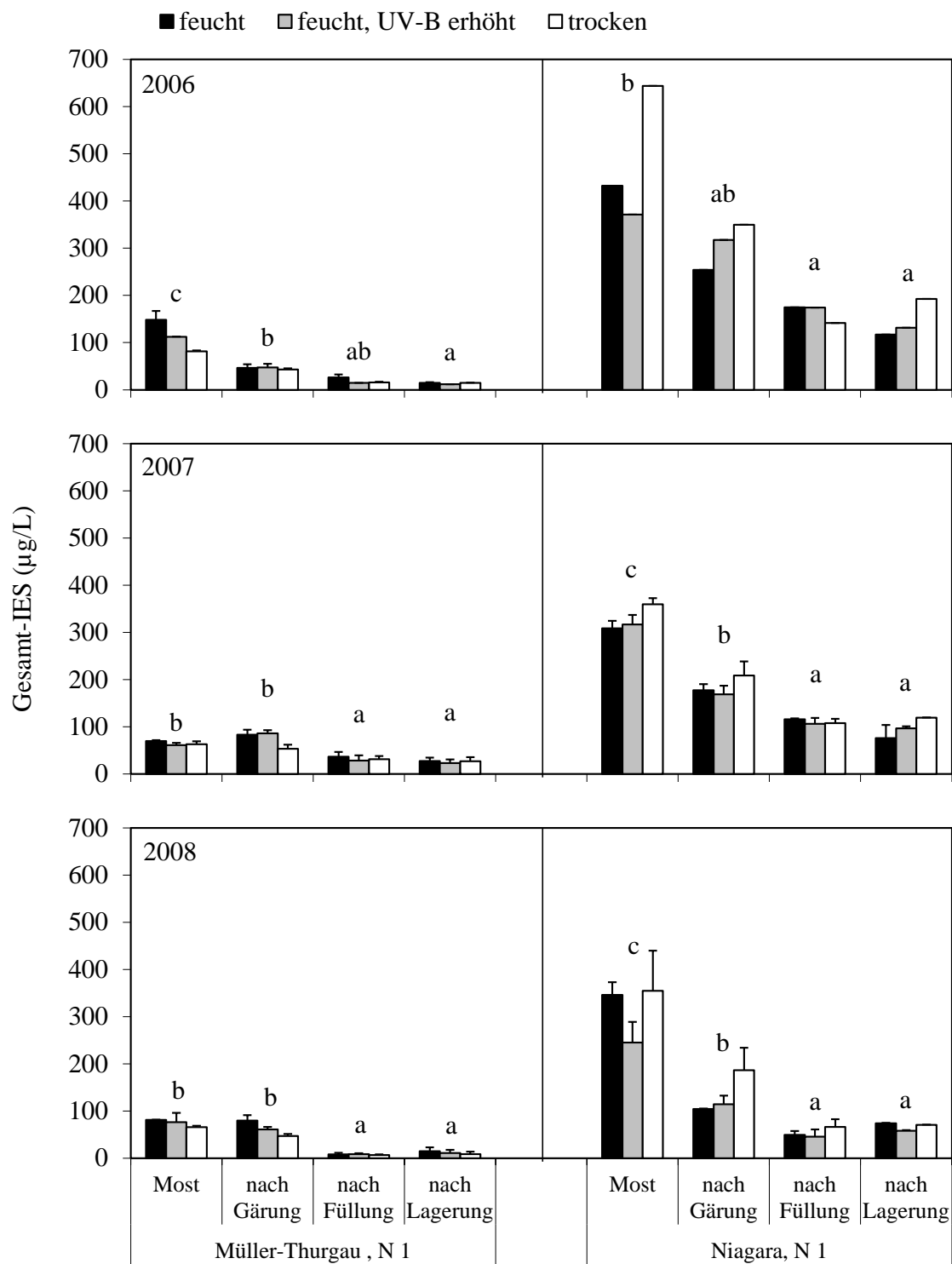


Abbildung 4-63: Gesamt-IES-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Verlauf des Weinausbaus der Sorten Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 2$) und Niagara (2006: $n = 1$; 2007 und 2008: $n = 2$) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Die Berechnung erfolgte für die Sorte Müller-Thurgau (links) getrennt von der Sorte Niagara (rechts).

Tabelle 4-55: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der IES-Konzentration im Verlauf des Weinausbaus. Zweifaktorielle Bewertung von Sorte und Behandlung sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktorielle Bewertung der Behandlung bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

ein, zweifaktoriell					
	Jahr	Sorte	Behandlung	Sorte \times Behandlung	Rest
Most	8,6	77,9 ***	2,5	4,1	6,9
Müller-Thurgau	55,8 **		18,1		26,1
Niagara	51,0		30,4		18,6
nach Gärung	11,5	62,6 ***	1,1	4,2	20,5
Müller-Thurgau	41,8 *		26,5		31,6
Niagara	83,0 **		13,5		3,5
nach Füllung	20,1	64,2 ***	0,3	0,0	15,4
Müller-Thurgau	66,6 ***		5,5		27,9
Niagara	94,6 ***		0,5		4,9
nach Lagerung	10,3	70,3 ***	2,5	2,8	14,1
Müller-Thurgau	49,5 **		2,9		47,6
Niagara	69,1 *		18,3		12,6

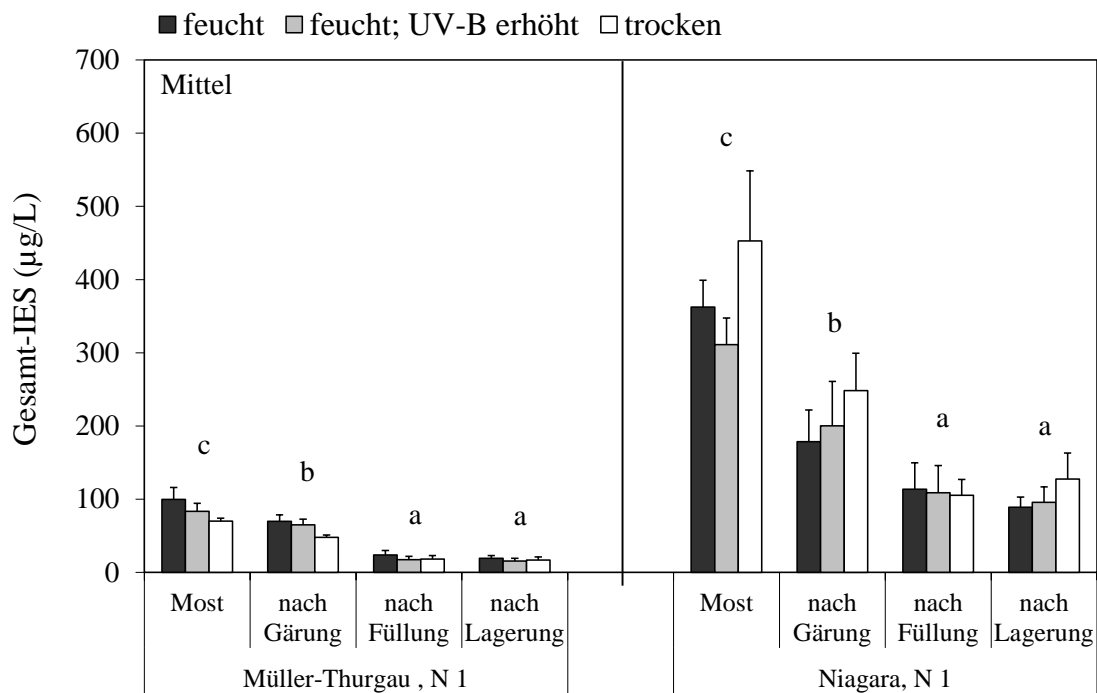


Abbildung 4-64: Gesamt-IES Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Verlauf des Weinausbaus der Sorten Müller-Thurgau (2006-2008: $n = 6$) und Niagara (2006-2008: $n = 3$) in Abhängigkeit der Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Terminen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Die Berechnung erfolgte für die Sorte Müller-Thurgau (links) getrennt von der Sorte Niagara (rechts).

4.4.4.3 Antioxidatives Potential

Der **Jahrgang** 2007 zeigte sowohl bei Müller-Thurgau als auch bei Niagara das geringste antioxidative Potential. Während bei Müller-Thurgau die Jahre 2006 und 2008 ein höheres antioxidatives Potential zeigten, unterschied sich bei Niagara nur das Jahr 2006 signifikant von 2007.

Der Anteil der **Sorte** an der Gesamtvariabilität lag bei 46% und war hochsignifikant. Bei der Sorte Müller-Thurgau betrug das antioxidative Potential im Mittel 0,13 mmol/L, während es bei der Sorte Niagara bei 1,25 mmol/L lag. Das antioxidative Potential der Sorte Niagara überstieg das von Müller-Thurgau im Jahr 2006 um das 15 fache in den Jahren 2007 und 2008 um das 6 fache bzw. 5 fache.

Die **Behandlung** hatte bei keiner der beiden Sorten einen signifikanten Einfluss auf das antioxidative Potential.

Tabelle 4-56: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Indol-Konzentration in Wein. Einfaktorielle Bewertung des Jahres, zweifaktorielle Bewertung von Sorte und Behandlung und einfaktorielle Bewertung von Jahr und Behandlung bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

	ein-, zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	Müller-Thurgau	Niagara
Jahr	27,6	2,9	70,0 ***	96,0 ***
Sorte	45,6	10,2 ***		
Behandlung	0,6	0,1	15,0	1,9
Sorte \times Behandlung	0,5	0,1		
Rest	25,8		15,0	2,1

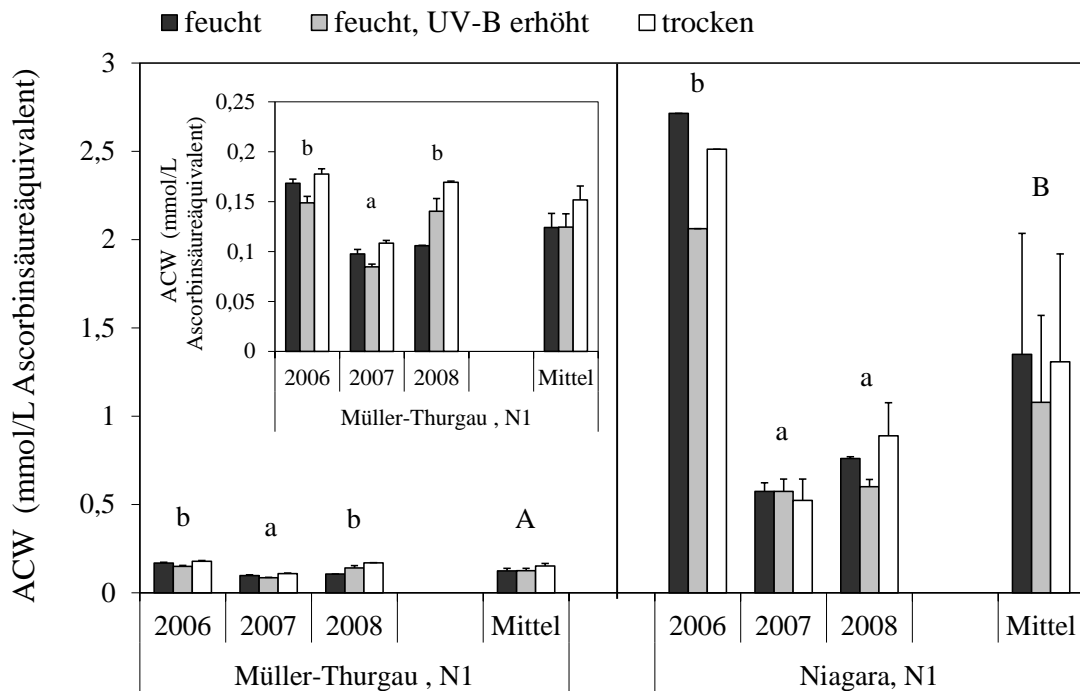


Abbildung 4-65: Antioxidatives Potential (mmol/L Ascorbinsäureäquivalent) in Wein der Sorten Müller-Thurgau (2006-2008: n = 2) und Niagara (2006: n = 1; 2007 und 2008: n = 2) in Abhängigkeit von Strahlung und Bewässerung. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Jahrgängen sind über den Balken mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten ist über den Balken in Großbuchstaben vermerkt. Die Berechnung erfolgte für die Sorte Müller-Thurgau (links) getrennt von der Sorte Niagara (rechts).

4.4.5 Zusammenhang bei unterschiedlichen Vitis-Arten

4.4.5.1 Indolessigsäure und 2-Aminoacetophenon

Freie IES - IES-Abnahme: Bei beiden Sorten lag ein positiver Zusammenhang zwischen der Konzentration an freier IES nach der Gärung und der IES-Abnahme während der Lagerung vor. Einige Weine der Sorte Niagara verzeichneten in den Jahren 2006 und 2007 eine Zunahme der Konzentration an freier IES während der Lagerung.

Freie IES - AAP: Es lag weder bei der Sorte Müller-Thurgau noch bei der Sorte Niagara ein signifikanter Zusammenhang zwischen der freien IES-Konzentration nach Gärung und der AAP-Konzentration im Wein nach Lagerung vor.

Freie IES – IES-Umsatzrate: Weder bei der Sorte Müller-Thurgau noch bei Niagara war über alle Jahre berechnet ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Konzentration an freier IES nach der Gärung und der Umsatzrate zu finden. Bei der Sorte Niagara konnte im

Jahr 2006 aufgrund der IES-Zunahme während der Lagerung keine Umsatzrate berechnet werden.

Gesamt IES - Gesamt-IES-Abnahme: Bei der Sorte Müller-Thurgau war in jedem Jahr ein signifikanter Zusammenhang zwischen Gesamt-IES und der Gesamt-IES-Abnahme zu beobachten. Die Steigung war immer positiv. Auch bei der Sorte Niagara war über alle Jahre berechnet ein positiver Zusammenhang zwischen der Konzentration an Gesamt-IES nach der Gärung und der Gesamt-IES-Abnahme. Der Zusammenhang war nicht in jedem Jahr signifikant.

Tabelle 4-57: Bestimmtheitsmaß r^2 und Steigung m bei freier IES im Wein nach Gärung und Gesamt-IES im Wein nach Gärung als unabhängige Variable und die Abnahme der freien und Gesamt-IES (von Gärung bis nach der Lagerung), der Konzentration an AAP im Wein und der Umsatzrate als abhängige Variablen (Müller-Thurgau: $n = 12$, gesamt: 36; Niagara 2006: $n = 3$, 2007 und 2008: $n = 9$, gesamt: 21) (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

		Müller-Thurgau	2006	2007	2008	Niagara	2006	2007	2008
freie IES									
freie IES- Abnahme	r^2	0,475 ***	0,945 ***	0,225	0,826 ***	0,048	0,049	0,506 *	0,906 ***
	m	0,579	0,826	0,571	0,986	0,158	0,402	0,430	0,978
AAP	r^2	0,000	0,115	0,063	0,037	0,366	0,429	0,024	0,238
	m	0,000	0,012	-0,005	0,002	-0,143	-0,432	-0,010	0,028
freie IES- Umsatzrate	r^2	0,127	0,002	0,092	0,367 *	0,089		0,686 *	0,320
	m	-0,047	0,016	-0,073	-0,056	-0,639		-1,141	-0,232
Gesamt-IES									
Gesamt-IES- Abnahme	r^2	0,775 ***	0,872 ***	0,770 ***	0,841 ***	0,788 ***	0,317	0,350	0,950 ***
	m	0,832	0,997	0,915	0,938	0,613	0,284	0,691	0,969
AAP	r^2	0,062	0,044	0,366 *	0,000	0,455 **	0,336	0,331	0,038
	m	-0,001	0,001	-0,003	0,000	0,051	-0,053	-0,017	0,003
Gesamt-IES- Umsatzrate	r^2	0,512 ***	0,330	0,540 **	0,555 **	0,008	0,412	0,368	0,271
	m	-0,015	-0,014	-0,018	-0,014	0,007	-0,074	-0,051	-0,059
IES-Abnahme									
AAP- Zunahme	r^2	0,139 *	0,083	0,011	0,069	0,006		0,030	0,064
	m	0,007	0,012	-0,002	0,003	-0,014		-0,028	0,014
Gesamt-IES Abnahme									
AAP- Zunahme	r^2	0,005	0,164	0,191	0,074	0,313 **	1,000 *	0,221	0,013
	m	0,000	0,002	-0,002	0,001	0,061	-0,182	-0,012	0,002

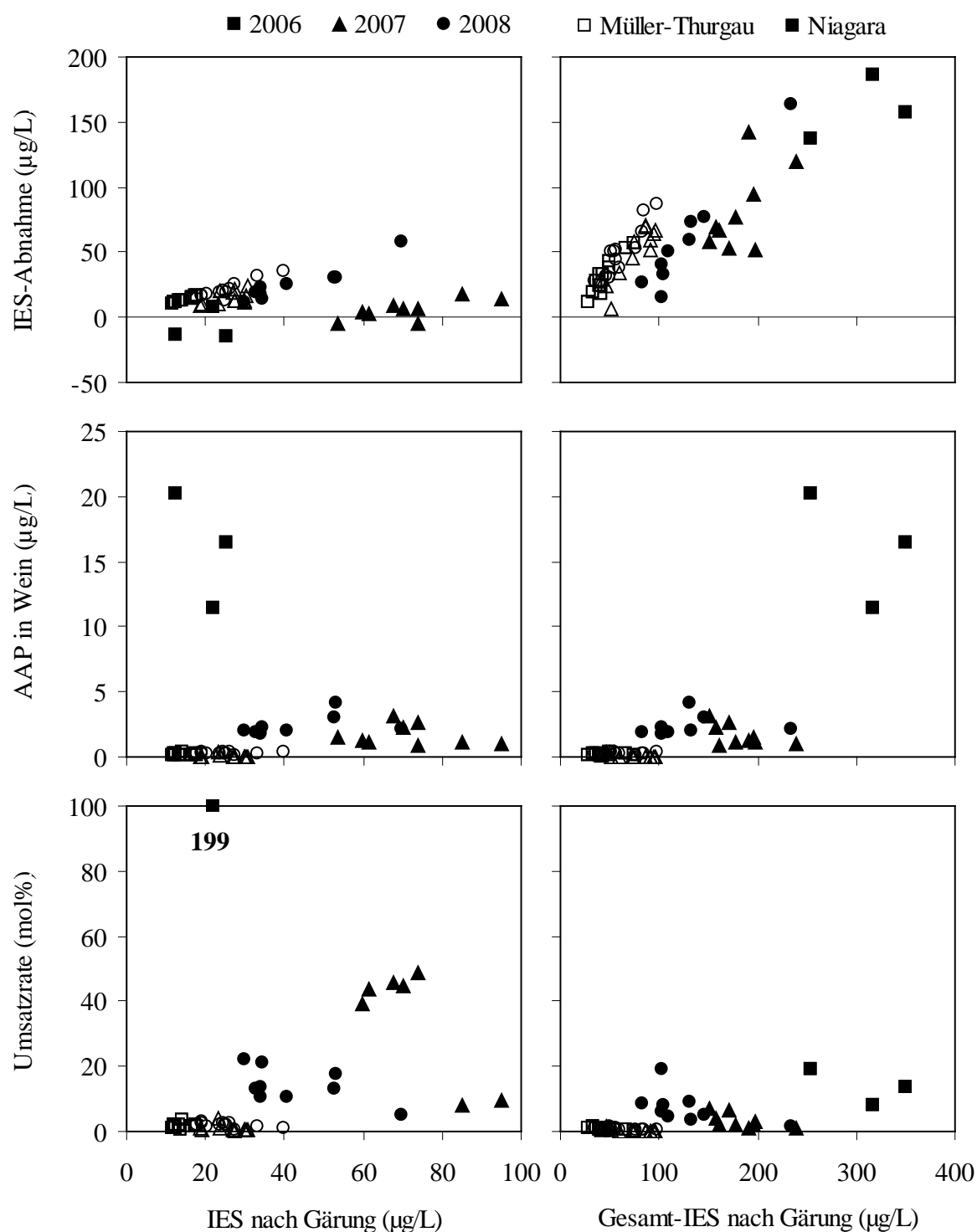


Abbildung 4-66: Zusammenhang zwischen freier IES nach der Gärung als unabhängige Variable und der Abnahme an freier IES, AAP im Wein und Umsatzrate (Umsatz von abgebauter IES zu AAP) als abhängigen Variablen in den Jahren 2006-2008 bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara (Müller-Thurgau: $n = 36$; Niagara $n = 21$).

Zusammenhang zwischen Gesamt-IES nach der Gärung als unabhängige Variable und der Abnahme an freier IES, AAP im Wein und Umsatzrate als abhängigen Variablen in den Jahren 2006-2008 bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara.

Gesamt-IES - AAP: Der Zusammenhang zwischen Gesamt-IES nach Gärung und der AAP-Konzentration war bei Müller-Thurgau über alle Jahre berechnet nicht signifikant. Die Sorte Niagara zeigte über alle Jahre berechnet einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Konzentration an Gesamt-IES und AAP. Dieser Zusammenhang ist jedoch ein Jahrgangseffekt des Jahrgangs 2006. In den einzelnen Jahren lag kein signifikanter Zusammenhang vor und die Steigung war 2006 und 2007 negativ.

Gesamt-IES – Gesamt-IES-Umsatzrate: Bei der Sorte Müller-Thurgau gab es in allen Jahren einen negativen Zusammenhang zwischen der Konzentration an Gesamt-IES und der Umsatzrate. Auch bei der Sorte Niagara war in allen drei Jahren ein negativer, nicht signifikanter Zusammenhang vorhanden. Über alle drei Jahre war bei Niagara der Zusammenhang positiv, dies ist jedoch auf einen Jahrgangseffekt zurückzuführen.

4.4.5.2 Antioxidatives Potential und 2-Aminoacetophenon

AOP - freie IES-Abnahme: Zwischen dem AOP und der IES-Abnahme gab es bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara keinen signifikanten Zusammenhang. Auch die Steigung hatte nicht immer das gleiche Vorzeichen. Bei der Sorte Niagara war in den Jahren 2006 und 2007 zum Teil eine Zunahme der freien IES zu beobachten.

AOP – IES-Umsatzrate: Bei der Sorte Müller-Thurgau war über alle Jahre ein signifikanter, positiver Zusammenhang zwischen AOP und IES-Umsatzrate zu sehen. Im Jahr 2006 war dies nicht der Fall. Bei der Sorte Niagara war immer ein positiver Zusammenhang zwischen AOP und der Umsatzrate zu beobachten. Im Jahr 2006 konnte kein Zusammenhang berechnet werden, da bei einer Zunahme der freien IES keine Umsatzrate berechnet werden konnte.

AOP - AAP: Die Sorte Müller-Thurgau zeigte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem AOP und der Konzentration an AAP im Wein. Die Sorte Niagara zeigte über alle Jahre berechnet einen signifikanten und positiven Zusammenhang zwischen dem AOP und AAP.

AOP - Gesamt-IES-Abnahme: Zwischen dem AOP und der Gesamt-IES-Abnahme besteht von 2006-2008 bei der Sorte Müller-Thurgau ein negativer Zusammenhang. Die Sorte Niagara zeigt einen positiven Zusammenhang, was auf einen Jahrgangseffekt zurückzuführen

ren ist. Das Jahr 2006 zeigte eine massive Gesamt-IES-Abnahme bei hohem AOP. Bei der Berechnung des Jahrgangs 2006 zeigte sich ein negativer Zusammenhang zwischen dem AOP und der Gesamt-IES Abnahme. Auch im Jahr 2007 lag ein negativer Zusammenhang vor.

AOP - Gesamt-IES-Umsatzrate: Über alle Jahre berechnet lag sowohl bei der Sorte Müller-Thurgau als auch bei der Sorte Niagara ein signifikanter und positiver Zusammenhang zwischen dem AOP und der Umsatzrate vor. Bei der Sorte Niagara zeigte das Jahr 2008 den geringsten Zusammenhang.

Tabelle 4-58: Bestimmtheitsmaß r^2 und Steigung m bei AOP Wein als unabhängige Variable und die Abnahme der freien und Gesamt-IES (von Gärung bis nach der Lagerung), der Konzentration an AAP im Wein und der Umsatzrate als abhängige Variablen (Müller-Thurgau: $n = 12$, gesamt: 36; Niagara 2006: $n = 3$, 2007 und 2008: $n = 9$, gesamt: 21) (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

		Müller-Thurgau	2006	2007	2008	Niagara	2006	2007	2008
AOP									
IES-	r^2	0,091	0,002	0,373 *	0,309	0,161	0,870	0,045	0,027
Abnahme	m	-50,93	5,598	-195,7	-129,2	-9,859	-34,39	18,21	11,95
IES-	r^2	0,253 **	0,104	0,384 *	0,211	0,628 ***		0,053	0,077
Umsatzrate	m	13,23	-15,82	39,64	9,050	95,65		40,47	8,117
AOP									
AAP-	r^2	0,131 *	0,126	0,261	0,002	0,961 ***	0,985	0,239	0,814 ***
Zunahme	m	1,190	-1,786	2,764	0,125	7,854	13,21	4,416	3,701
AOP									
Gesamt-IES-	r^2	0,319 ***	0,307	0,465 *	0,367 *	0,299 *	0,989	0,617 *	0,000
Abnahme	m	-314,2	-476,4	-900,1	-392,4	40,27	-72,83	-273,0	4,657
Gesamt-IES-	r^2	0,329 ***	0,007	0,480 *	0,230	0,455 ***	0,959	0,434	0,014
Umsatzrate	m	7,100	1,642	21,83	5,579	5,411	16,40	16,55	3,139

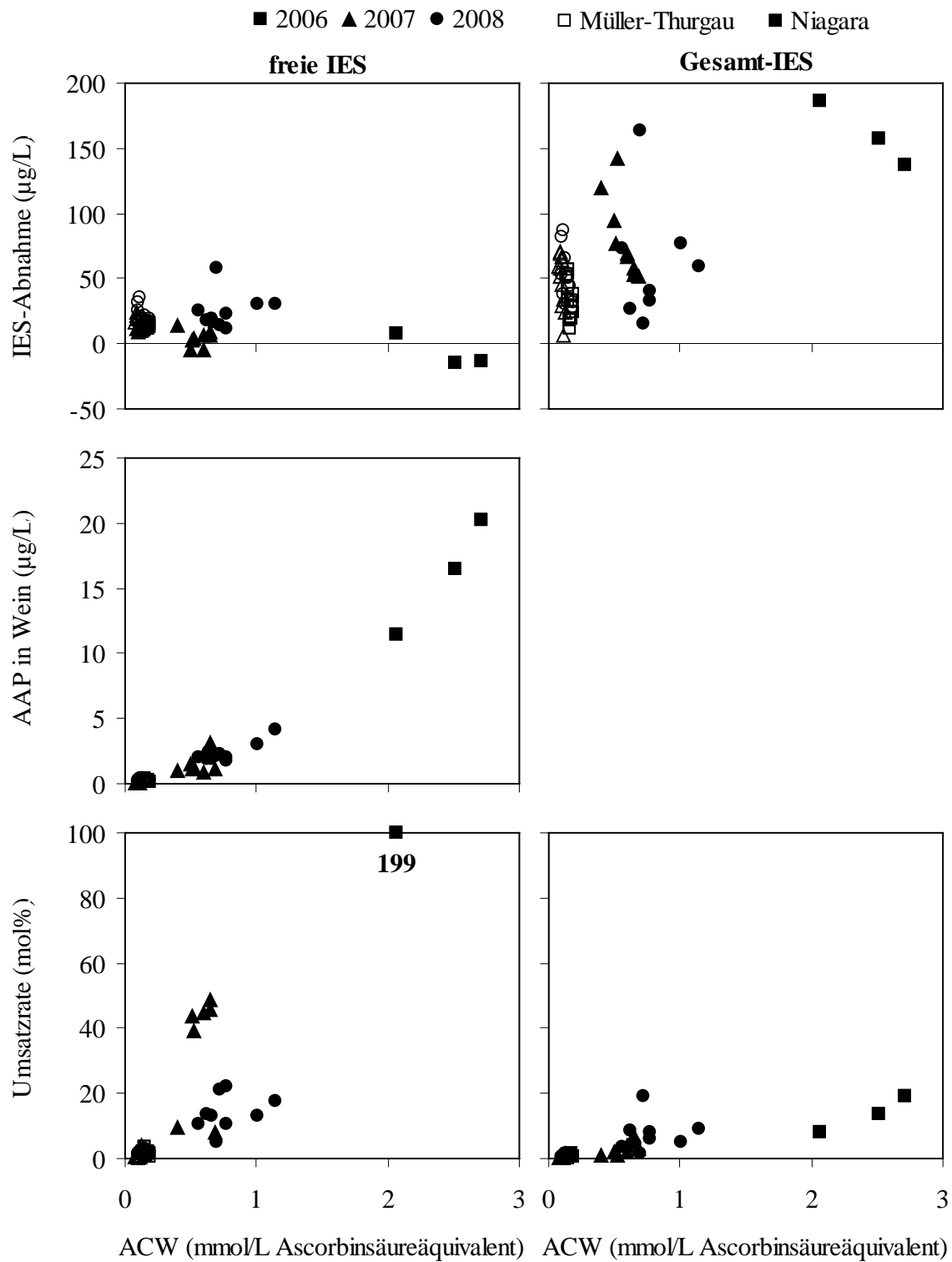


Abbildung 4-67: Zusammenhang zwischen dem antioxidativen Potential im Wein als unabhängige Variable und der Abnahme der freien / Gesamt-IES, AAP im Wein und Umsatzrate (Umsatz von abgebauter IES zu AAP) als abhängigen Variablen in den Jahren 2006-2008 bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara (Müller-Thurgau: $n = 36$; Niagara $n = 21$).

4.4.6 Entwicklung von Aromastoffen und Tryptophanderivaten während des Weinausbaus bei Niagara

Die **AAP-Konzentration** im Most lag im Jahr 2007 bei 0,1 µg/L. Bis zum Gärende stieg die Konzentration auf 1,5 µg/L an. Vom dem Gärende bis zur Flaschenfüllung war eine Zunahme auf 2,7 µg/L zu beobachten.

Im Jahr 2008 lag die AAP-Konzentration im Most bei 0,15 µg/L und stieg während der Gärung auf 1,8 µg/L. Bis zum Zeitpunkt nach der Füllung stieg die Konzentration nochmals auf 3,2 µg/L und während der Lagerung des Weines auf 4,1 µg/L.

Auch bei der Konzentration an **freier IES** erfolgte im Jahr 2007 während der Gärung eine Zunahme von 1 µg/L im Moststadium bis auf 63 µg/L nach dem Gärende. In der Lagerzeit bis zur Füllung war keine große Veränderung der Konzentration an freier IES zu verzeichnen und die Konzentration nach der Füllung lag bei 67 µg/L.

Auch im Jahr 2008 war während der Gärung eine Zunahme von 0 µg/L im Most auf 43 µg/L nach der Gärung zu beobachten. Im Gegensatz zum Jahr 2007 fiel die Konzentration bis zur Flaschenfüllung ab und erreichte eine Konzentration von 18 µg/L, die während der Lagerung nur noch geringfügig abfiel.

Im Gegensatz zur freien IES war während der Gärung eine Abnahme der **Gesamt-IES** zu verfolgen. Im Jahr 2007 fiel sie von 273 µg/L auf 134 µg/L nach Gärende. Während der Lagerung konnte keine große Veränderung mehr beobachtet werden. Der Wert lag nach der Flaschenfüllung bei 134 µg/L.

Im Jahr 2008 sank der Wert während der Gärung von 316 µg/L auf 135 µg/L nach der Gärung. Bis zur Füllung war nochmals eine Abnahme auf 54 µg/L zu beobachten. Während der Lagerung nahm die Konzentration leicht zu auf 68 µg/L.

Die Zunahme der Konzentration an **ASME** verläuft parallel zu der Zunahme der AAP-Konzentration. Im Jahr 2007 war eine Zunahme von 123 µg/L auf 1306 µg/L nach der Gärung festzustellen. Vom Gärende bis zur Füllung nahm die Konzentration an ASME nochmals stark zu und erreichte eine Konzentration von 3978 µg/L.

Auch im Jahr 2008 war vom Most mit 57 µg/L bis zum Zeitpunkt nach der Gärung eine Zunahme auf 346 µg/L zu sehen. Auch in der Zeit bis zur Flaschenfüllung nahm die Konzentration nochmals auf 571 µg/L zu. Diese Zunahme war jedoch deutlich geringer als im

Tabelle 4-59: Most- und Weinhaltstoffe bei der Rebsorte Niagara.

	Mostinhaltsstoffe			Weinhaltstoffe	
	Mostgewicht (° Oe)	pH	Gesamtsäure (g/L)	Gesamt AS mg N/L	reduzierende Zucker g/L
2007	76	3,1	6,7	49	6,2 ± 3,89
2008	70 ± 1,97	3,3 ± 0,003	7,3 ± 0,17	18 ± 2,76	3,38 ± 0,38

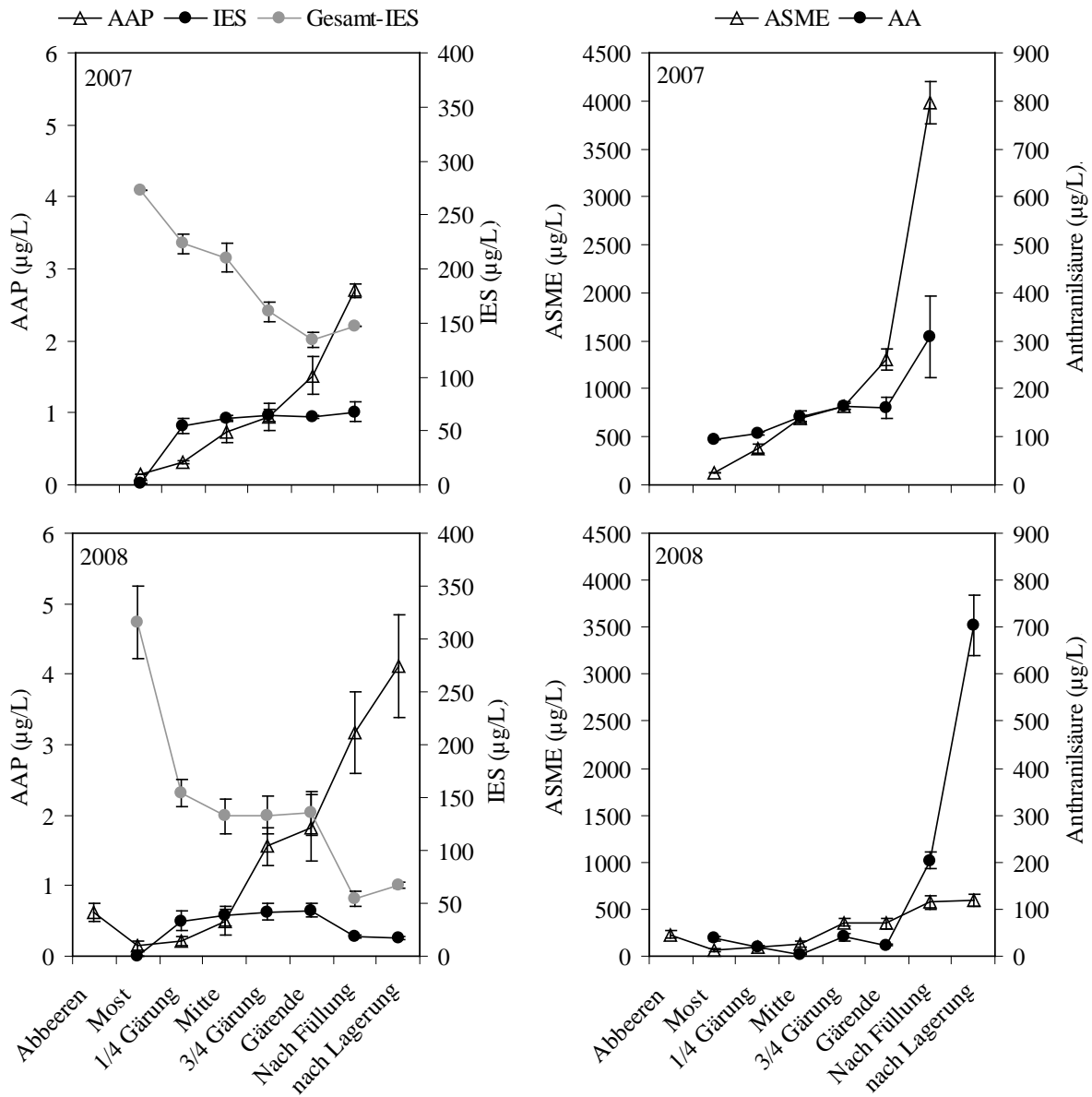


Abbildung 4-68: Entwicklung von AAP, freier IES, Gesamt-IES, ASME und Anthranilsäure während der Weinbereitung in den Jahren 2007 (n = 2) und 2008 (n = 6). Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar.

Jahr 2007. Während der Lagerung der Weine war keine große Zunahme mehr zu beobachten und die Konzentration lag nach der Lagerung bei 595 µg/L.

Die Konzentration an **Anthranilsäure** nahm im Jahr 2007 während der Gärung von 94 µg/L auf 160 µg/L nach Gärende zu. Während der Lagerung bis zur Füllung war nochmals eine Zunahme auf 309 µg/L zu sehen.

Im Jahr 2008 war zwischen der Konzentration im Most mit 37 µg/L und der Konzentration am Gärende (24 µg/L) eher eine Abnahme zu sehen. Bis zu Füllung nahm die Konzentration an Anthranilsäure auf 200 µg/L zu und stieg während der Lagerung nochmals auf 704 µg/L an.

4.4.7 Modellversuche

4.4.7.1 Zusatz von Indolessigsäure und Ascorbinsäure

Die Bildung von AAP in einem Modellversuch wurde bei unterschiedlichen Müller-Thurgau Weinen verschiedener Jahrgänge überprüft. Dabei wurden zu jedem Wein steigende Mengen an IES zugesetzt und nach einer warmen Lagerung während drei Tagen bei 45° C die Abnahme von IES und die Bildung von AAP ermittelt. Aus der IES-Abnahme und AAP-Zunahme wurde die Umsatzrate in mol% bestimmt (Abb. 4-69).

Je mehr IES zugesetzt wurde, umso größer war die IES-Abnahme während der warmen Lagerung des Weines. Die Abnahme an IES ist somit bei ähnlichem antioxidativen Potential von der Menge an IES im Wein abhängig.

Die Bildung von AAP ist bei jedem einzelnen Wein stark von der Zugabe an IES abhängig. Mit steigender Zugabe von IES nimmt auch die Bildung an AAP zu. Über alle Weine betrachtet ist der Zusammenhang zwischen IES und der AAP-Bildung mit 32% nicht mehr so hoch wie beim einzelnen Wein (Tab. 4-61).

Dies bedeutet, dass für die Bildung von AAP im Wein nicht nur die Menge an IES entscheidend ist, sondern die Umsetzung zu AAP. Bei der varianzanalytischen Bewertung ist zu sehen, dass die Umsatzrate des Weines bei diesen Versuchsweinen zu über 90% durch den Wein bestimmt wird (Tab. 4-60).

Tabelle 4-60: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der IES-Abnahme im Wein, der AAP-Zunahme im Wein und der Umsatzrate. Zweifaktorielle Bewertung von Wein und IES-Zugabe sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$). Die Berechnung erfolgte bei den Weinen 1-4.

	zweifaktoriell		
	IES-Abnahme	AAP-Zunahme	Umsatzrate
Wein	2,7 *	51,0 ***	94,2 ***
IES	88,2 ***	32,4 ***	1,3 **
Wein \times IES	3,7 *	14,5 ***	2,6 ***
Rest	5,4	2,1	1,8

Somit wurde die Bildung von AAP zum einen durch die Abnahme von IES und zum anderen durch die Umsatzrate jedes einzelnen Weines beeinflusst. Hier stellt sich die Frage wodurch die Umsatzrate des Weines beeinflusst wird. Eine mögliche Wechselwirkung wäre durch das antioxidative Potential des Weines denkbar.

Tabelle 4-61: Bestimmtheitsmaß r^2 bei IES im Wein nach Gärung als unabhängige Variable und die Abnahme der IES, die Zunahme von AAP und die Umsatzrate als abhängige Variablen. Zusammenhang zwischen der IES-Abnahme, Umsatzrate als unabhängige Variablen und der AAP-Zunahme als abhängigen Variablen. (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$).

		IES			IES-Abnahme	
		IES-Abnahme	AAP-Zunahme	Umsatzrate	AAP-Zunahme	Umsatzrate
Wein 1	r^2	0,960 ***	0,854 ***	0,007	0,891 ***	0,033
Wein 2	r^2	0,883 ***	0,870 ***	0,110	0,952 ***	0,238
Wein 3	r^2	0,923 ***	0,823 ***	0,349	0,893 ***	0,156
Wein 4	r^2	0,976 ***	0,985 ***	0,450 *	0,972 ***	0,415
Wein 5	r^2	0,994 ***	0,980 ***	0,129	0,960 **	0,216
Wein 1 – 4	r^2	0,881 ***	0,324 ***	0,008	0,270 **	0,381 ***

Tabelle 4-62: Antioxidatives Potential (ACW) der Weine 1-5 vor der dreitägigen Lagerung bei 45° C.

	Wein 1	Wein 2	Wein 3	Wein 4	Wein 5
ACW (mmol/L Ascorbinsäureäquivalent)	0,16	0,19	0,21	0,13	0,13

Sowohl die IES-Abnahme als auch die Umsatzrate wurden durch ein zunehmendes antioxidatives Potential gesenkt. Die IES-Abnahme wird nicht nur wie im Modell oben durch IES bestimmt, sondern auch durch das AOP. Bei gleichem oder ähnlichem antioxidativen Po-

tential war die IES-Abnahme stark von der IES-Konzentration abhängig. Mit steigendem antioxidativen Potential nahm die IES-Abnahme ab.

Da sich mit steigendem antioxidativen Potential sowohl die IES-Abnahme als auch die Umsatzrate verringerte, folgte daraus mit höherem Zusatz von Ascorbinsäure eine geringere Konzentration an AAP (Abb. 4-69).

Tabelle 4-63: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der IES-Abnahme im Wein, der AAP-Zunahme im Wein und der Umsatzrate. Zweifaktorielle Bewertung von Ascorbinsäure und IES-Zugabe sowie der Wechselwirkung und der Reststreuung. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$). Die Berechnung erfolgte bei einer Ascorbinsäurezugabe von 0; 0,6 und 1,7 mmol.

	zweifaktoriell		
	IES-Abnahme	AAP-Zunahme	Umsatzrate
Ascorbinsäure	44,2 ***	62,1 ***	59,0 ***
IES	37,1 ***	17,2 ***	22,7 ***
Ascorbinsäure \times IES	15,7 ***	20,1 *	3,3 ***
Rest	3,1	0,6	15,0

Tabelle 4-64: Bestimmtheitsmaß r^2 bei Ascorbinsäure als unabhängige Variable und die Abnahme der IES, die Zunahme von AAP und die Umsatzrate als abhängige Variable (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$). Die Berechnung erfolgte bei einer Ascorbinsäurezugabe von 0; 0,6 und 1,7 mmol. Zusammenhang zwischen der IES-Abnahme, Umsatzrate als unabhängige Variablen und der AAP-Zunahme als abhängigen Variablen.

IES-Zugabe ($\mu\text{g/L}$)		Ascorbinsäure			IES-Abnahme	Umsatzrate
		IES-Abnahme	AAP-Zunahme	Umsatzrate	AAP-Zunahme	AAP-Zunahme
50	r^2	- 0,643 **	- 0,720 **	- 0,605 *	0,950 ***	0,390
250	r^2	- 0,703 **	- 0,729 **	- 0,729 **	0,954 ***	0,844 ***
500	r^2	- 0,752 **	- 0,694 **	- 0,694 **	0,942 ***	0,914 ***
50–250	r^2	- 0,337 **	- 0,443 ***	- 0,443 ***	0,909 ***	0,814 *

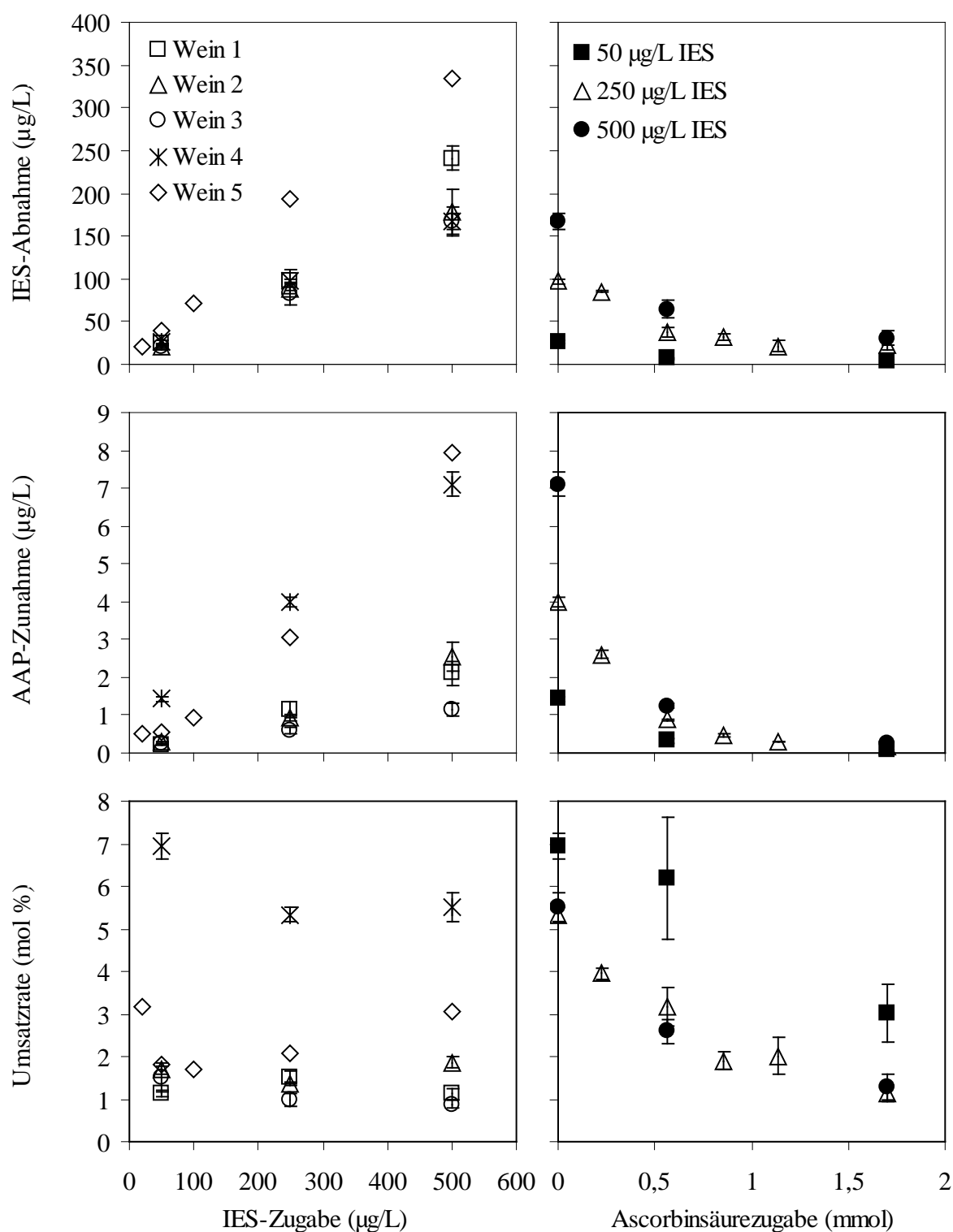


Abbildung 4-69: Zusammenhang zwischen IES-Zugabe als unabhängiger Variable, der IES-Abnahme, AAP-Zunahme und Umsatzrate als abhängige Variablen bei unterschiedlichen Weinen. Zusammenhang zwischen der Ascorbinsäurezugabe als unabhängiger Variable und der IES-Abnahme, AAP-Zunahme und Umsatzrate als abhängigen Variablen bei unterschiedlicher Zugabe von IES.

Tabelle 4-65: Antioxidatives Potential (ACW), SO₂ und Reduktone im Wein vor und nach Lagerung der Weine über drei Tage bei 45° C.

IES- Zugabe	Ascorbinsäure Zugabe	ACW vor Erwärmung	ACW nach Erwärmung	SO ₂ vor Erwärmung	SO ₂ nach Erwärmung	Reduktone vor Erwärmung	Reduktone nach Erwärmung
(mg/L)	(mg/L)	(mmol/L Ascorbinsäure- äquivalent)		(mg/L)		(mg/L)	
50	0	0,12	0,13 ± 0,01	97	67 ± 2,2	2	3 ± 0,4
50	100	0,56	0,29 ± 0,02	95	67 ± 2,1	26	11 ± 0,8
50	300	1,50	0,80 ± 0,02	98	67 ± 1,9	79	42 ± 1,1
250	0	0,13	0,16 ± 0,02	91	55 ± 7,0	3	4 ± 1,8
250	40	0,34	0,20 ± 0,02	86	57 ± 4,6	13	3 ± 0,2
250	100	0,57	0,31 ± 0,01	84	58 ± 3,5	26	9 ± 0,2
250	150	0,91	0,41 ± 0,04	83	57 ± 3,1	45	16 ± 0,9
250	200	1,43	0,48 ± 0,01	84	49 ± 8,5	73	28 ± 6,4
250	300	1,81	0,74 ± 0,06	88	56 ± 4,9	95	36 ± 3,2
500	0	0,14	0,12 ± 0,03	91	67 ± 2,0	3	3 ± 0,4
500	100	0,43	0,25 ± 0,06	96	66 ± 3,8	18	11 ± 0,2
500	300	1,54	0,84 ± 0,03	90	65 ± 2,4	79	40 ± 0,7

4.4.7.2 Zusatz von Ascorbinsäure bei unterschiedlichen Vitis-Arten

Bei der Sorte Müller-Thurgau konnte bei einer warmen Lagerung ohne SO₂ nur eine geringe Zunahme von AAP beobachtet werden. Ein Zusatz von SO₂ in Höhe von 150 mg/L führte zu einer Bildung von AAP. Durch eine Zugabe von Ascorbinsäure konnte die Bildung von AAP während der Warmlagerung unterdrückt werden und die gebildete Konzentration lag im Bereich des Weines ohne SO₂.

Bei der Sorte Niagara zeigte sich wie bei Müller-Thurgau ohne Zusatz von SO₂ nur eine geringe Zunahme an AAP während einer natürlichen oder künstlichen Lagerung des Weines. Doch im Gegensatz zu dem Müller-Thurgau-Wein konnte durch Zugabe von Ascorbinsäure die Bildung von AAP im Vergleich zu der Variante, die nur mit SO₂ versetzt wurde, nicht signifikant gesenkt werden.

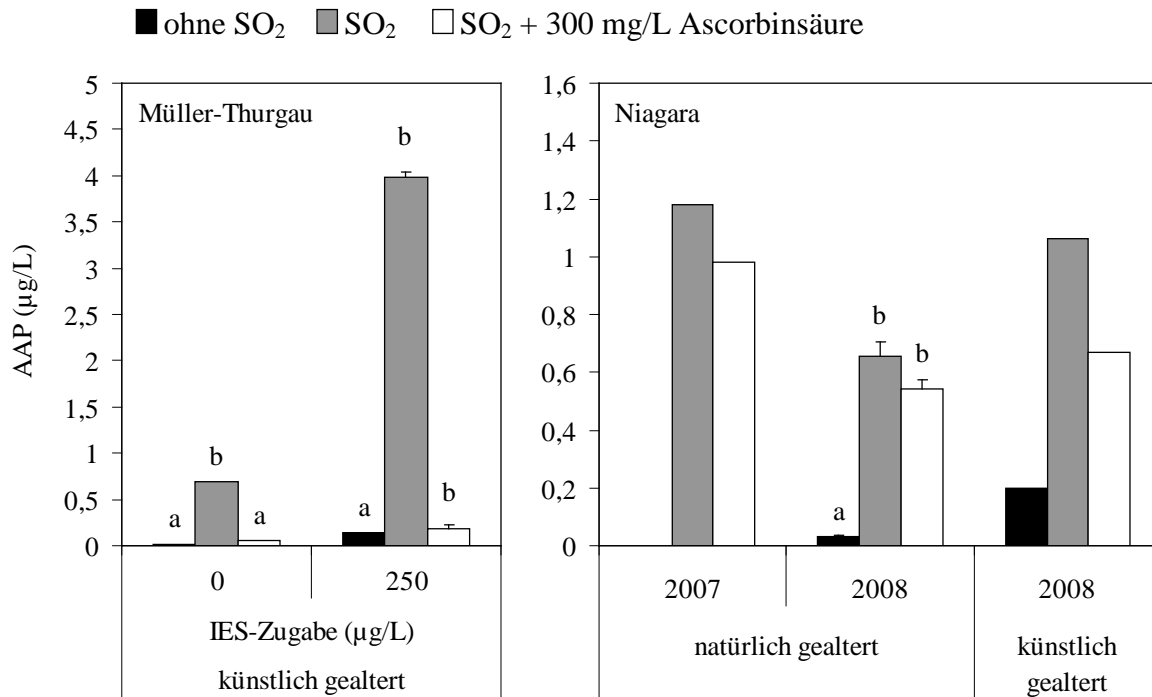


Abbildung 4-70: Einfluss von SO₂ und Ascorbinsäure (300 mg/L) auf die Bildung von AAP während einer natürlichen oder künstlichen Lagerung (drei Tage bei 45° C) bei den Sorten Müller-Thurgau und Niagara.

4.5 Freilandversuch und UTA belastete Weine

Das fünfte Kapitel beschäftigt sich mit einem Freilandversuch und mit Weinen, die als UTA belastet angesprochen wurden, jedoch keine AAP-Konzentrationen in sensorisch relevanten Konzentrationen aufwiesen.

4.5.1 Stressanlage

4.5.1.1 Analytische Werte

Die Moste der späten Lese zeigten eine höhere Einlagerung von Inhaltsstoffen. Bei später Lese nahm das Mostgewicht zu, der pH-Wert stieg an und die Gesamtsäure nahm ab. Es war eine zunehmende Einlagerung von Stickstoff sowohl als AS-N sowie Gesamt-N zu beobachten.

Tabelle 4-66: Mostinhaltsstoffe bei der Stressanlage zu unterschiedlichen Lesezeitpunkten.

Tabelle 4-66: Mostinhaltsstoffe bei der Säuremässung zu unterschiedlichen Lesezeitpunkten.								
		Lese- termin	Most- gewicht (° Oe)	pH	Mostinhaltsstoffe			
					Gesamt- säure (g/L)	Gesamt- N (mg/L)	Gesamt- AS (mg N/L)	Gesamt- IES (µg/L)
2005	frühe Lese	28.9.	85	3,0	9,7	214	54	54
	späte Lese	18.10.	94	3,2	8,5	251	98	98
2007	frühe Lese	18.9.	81	2,9	11,5	177	80	80
	frühe Lese	4.10.	86	3,1	9,4	241	76	76
	späte Lese	23.10.	94	3,3	8,3	271	107	107

Im Wein nahm bei später Lese die Konzentration an Gesamtphenolen zu, ebenso erhöhte sich das antioxidative Potential des Weines. Das Gärungsnebenprodukt Glycerin wurde in Weinen der späten Lese vermehrt gebildet.

Tabelle 4-67: Weininhaltsstoffe bei der Stressanlage zu unterschiedlichen Lesezeitpunkten.

Tabelle 4-67: Weininhaltsstoffe bei der Stressanlage zu unterschiedlichen Lesezeitpunkten.							
		Lese- termin	Gesamt- phenole (mg/L)	Weininhaltsstoffe			
				ACW	zuckerfreier	reduzierende	Glycerin
				(mmol Ascor- binsäure-	Extrakt	Zucker	
				g/L	(g/L)	(g/L)	
2005	frühe Lese	28.9.	168	0,89	19,9	8,2	4,7
	späte Lese	18.10.	204	0,94	19,7	7,1	5,8
2007	frühe Lese	18.9.	158	0,64	20,0	6,6	7,1
	frühe Lese	4.10.	168	0,81	18,8	5,5	6,6
	späte Lese	23.10.	258	1,37	20,9	1,1	8,6

Die Aromastoffe, die mit UTA in Verbindung gebracht werden, sind in Tabelle 4-68 aufgeführt. AAP konnte in diesen Weinen nicht oder nur in geringen Konzentrationen gefunden werden. Ebenso konnten nur geringe Konzentrationen an ASME und Indol bestimmt werden.

Tabelle 4-68: Aromastoffe im Wein der Stressanlage zu unterschiedlichen Lesezeitpunkten.

		Weininhaltsstoffe				
		Lese- termin	2-Amino- acetophenon (µg/L)	Anthranilsäure- methylester (µg/L)	Indol (µg/L)	Skatol (FS/FIS)
2005	frühe Lese	28.9.	n.n.	0,5	n.n.	0,22
	späte Lese	18.10.	n.n.	0,3	1,0	0,13
2007	frühe Lese	18.9.	n.n.	0,3	0,3	0,06
	frühe Lese	4.10.	0,1	0,5	0,3	0,09
	späte Lese	23.10.	0,1	0,6	0,2	0,13

n.n. = nicht nachweisbar

4.5.1.2 Sensorik

Bei der sensorischen Beurteilung der Weine aus dem Freilandversuch war beim Attribut UTA bei der ersten Verkostung des Jahrgangs 2007 ein signifikanter Unterschied zu beobachten. Dies war bei der zweiten Verkostung nicht mehr festzustellen und auch beim Jahrgang 2005 war kein signifikanter Unterschied vorhanden. Jedoch wurden die Weine aus der frühen Lese des Jahrgangs 2005 deutlich höher mit UTA (4,82) bewertet als die Weine der späten Lese (3,86).

Die Bewertung des Attributs Fehlton führte bei beiden Verkostungsterminen des Jahrgangs 2007 und auch beim Jahrgang 2005 zu einem signifikanten Unterschied zwischen den Weinen aus früher und später Lese.

Die Attribute Frucht und Harmonie wurden beim späten Lesetermin sowohl beim Jahrgang 2005 als auch beim Jahrgang 2007 signifikant höher bewertet als die Weine aus der frühen Lese. Ein signifikanter Unterschied konnte beim Attribut UTA nicht gefunden werden.

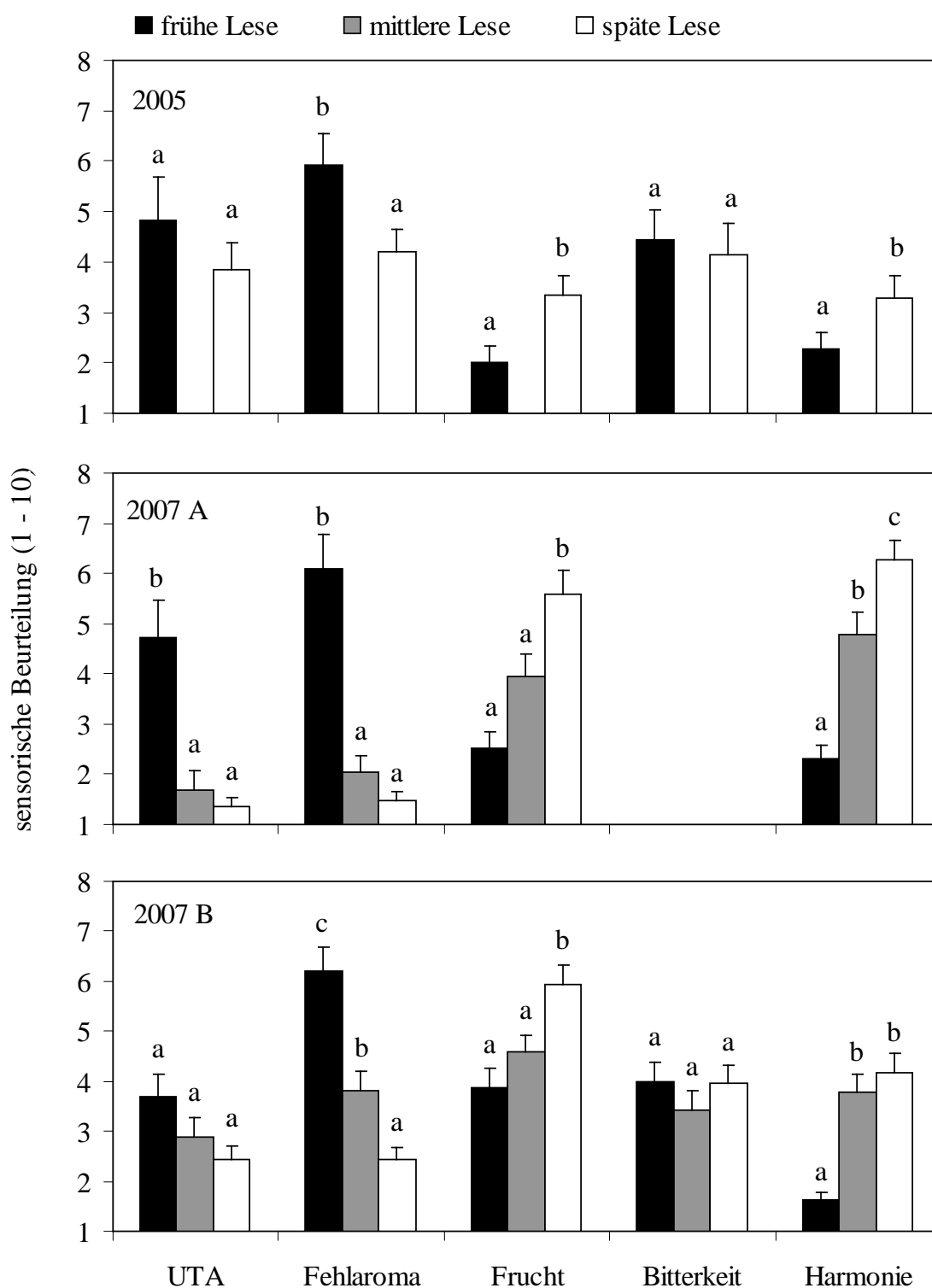


Abbildung 4-71: Sensorische Bewertung verschiedener Attribute im Wein der Sorte Riesling (2005 und 2007: n = 1) in Abhängigkeit des Lesetermins. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler zwischen den Prüfpersonen dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Varianten sind über den Balken der Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Die Großbuchstaben beim Jahrgang 2007 weisen auf zwei unterschiedliche Verkostungstermine hin (A: Juni 2008; B: Februar 2009).

4.5.2 UTA belastete Weine

Bei der Analyse von Weinen, die sensorisch als UTA-Weine beschrieben wurden, fiel immer wieder auf, dass diese Weine keine Konzentrationen an AAP über dem Geruchsschwellenwert ($> 0,5\text{--}0,7 \mu\text{g/L}$) aufwiesen.

Tabelle 4-69: AAP-Konzentrationen in Weinen verschiedener Anbaugebiete und Jahrgänge, die mit UTA bewertet wurden, jedoch keine AAP-Konzentration über dem Geruchsschwellenwert aufwiesen.

	AAP ($\mu\text{g/L}$)	UTA	Ursache für Stress
2006 Riesling Rheingau	n.n.	deutlich UTA	Dauerbegrünung, N-Mangel
2000 Riesling Rheingau	0,1	UTA	Weinbau Folienversuch
2009 Riesling Rheingau	0,1	UTA	Stickstoffstress
2009 Riesling Rheingau	0,1	UTA	Stickstoffstress
2009 Riesling Rheingau	0,3	leicht UTA	
2006 Müller-Thurgau Rheingau	0,1	UTA	Gefährdete Anlage
2006 Müller-Thurgau Rheingau	0,2	UTA	Gefährdete Anlage
2006 Riesling Württemberg	0,2	UTA / Böckser	Dauerbegrünung
2006 Riesling Württemberg	0,2	UTA	Dauerbegrünung
2005 Weißburgunder Württemberg	0,4	UTA	Dauerbegrünung
Weißwein Württemberg	0,1	UTA	Gefährdete Lage
2009 Weißwein Franken	0,1	UTA	Dauerbegrünung, N-Mangel
2010 Riesling Rheinhessen	0,4	UTA	
2009 Riesling Rheinhessen	0,3	UTA / Böckser	

n.n. = nicht nachweisbar

5 Diskussion

5.1 Die Zunahme von abiotischem Stress führt zu erhöhten AAP-Konzentrationen

5.1.1 Zusammenhang zwischen N-Düngung, Trockenheit und der AAP-Konzentration

N-Düngung

Die Ergebnisse aus der Literatur zum Einfluss der N-Düngung sind nicht eindeutig. Es gibt unterschiedliche Angaben über den Zusammenhang zwischen der N-Düngung und UTA. Bei einigen Versuchen führte eine N-Düngung zu weniger UTA (SCHWAB ET AL. 1996, PETERNEL 1998, SEITER 2000). Es gibt auch Beobachtungen, bei denen eine langjährige N-Düngung keinen Einfluss auf die UTA-Bewertung hatte (MÜLLER 1999 a) oder sogar zu mehr UTA führte (LINSSENMEIER 2007). Der Einfluss der Düngung auf UTA-Ausprägung ist damit nicht eindeutig.

In der vorliegenden Arbeit soll der Einfluss der N-Düngung auf die AAP-Konzentration im Wein dargestellt werden. Die Düngung hatte bei dem Gefäßversuch (Abb. 4-17) einen signifikanten Anteil von 16% auf die Gesamtvariabilität der AAP-Konzentration. Die Düngestufe N2 (75 kg N/ha) zeigte im Mittel über alle drei Versuchsjahre eine signifikant höhere AAP-Konzentration im Vergleich zu der Düngestufe N1 (25 kg N/ha). Dieses Ergebnis stimmt mit den Ergebnissen von LINSSENMEIER (2007) überein, der bei höherer N-Düngung eine höhere AAP-Konzentration im Wein finden konnte.

Oftmals wird nicht der Effekt der Düngung herangezogen, sondern der Zusammenhang zwischen der Stickstoffeinlagerung im Traubenmost und der UTA-Intensität oder AAP-Konzentration. GEBNER et al. (1995) zeigten eine negative Korrelation zwischen Gesamt-N und UTA im Wein. Daraus wurde gefolgert, dass eine geringe Versorgung von Mosten mit AS das Risiko von hohen AAP-Konzentrationen im Wein erhöht (SPONHOLZ et al. 1997).

Die Ergebnisse aus dem Gefäßversuch können diese Annahme nicht bestätigen. Zwischen der Gesamt-AS Konzentration im Most und der AAP-Konzentration im Wein konnte ein signifikant positiver Zusammenhang gefunden werden. Der Zusammenhang war in den Jahren 2006 mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,45 und im Jahr 2007 mit 0,44 signifikant (Tab. 4-28, Abb. 4-29). Hier lag ein sehr hoher Zusammenhang zwischen Gesamt-AS im

Most und der AAP-Konzentration im Wein vor. Im Jahr 2008 war der Zusammenhang nicht signifikant.

Diese Korrelation zwischen Gesamt-AS und der AAP-Konzentration beruht aber nicht ursächlich auf der höheren Konzentration an Gesamt-AS im Most, sondern auf der dahinter versteckten N-Düngung. Die Gesamt-AS im Most sind mit einer Anteilsziffer von 58% maßgeblich von der Düngung abhängig (Tab. 4-11, Abb. 4-9). Der Anstieg der Gesamt-AS in Most bzw. Trauben mit steigender N-Düngung wurde in mehreren Arbeiten beschrieben (KLIEWER 1971, RAPP UND BARDONG 1976, DELAS 1993, SPAYD ET AL. 1994, SEITER 2000, LINSSENMEIER 2007). Durch die Düngung konnte die N-Konzentration in allen Organen angehoben werden, was sich in einer guten Korrelation von AS-N mit der N-Konzentration in Beeren, Blättern und Wein zeigte (Tab. 4-26).

Der Zusammenhang zwischen der N-Düngung und AAP über alle Versuchsjahre war hochsignifikant und das Bestimmtheitsmaß lag bei 0,2 und hat ein positives Vorzeichen. Da durch die Düngung alle N-Komponenten beeinflusst wurden, gibt es immer eine positive Korrelation zwischen den N-Komponenten und AAP (Tab. 4-28).

Die Ergebnisse aus der Literatur zeigten bei einem Langzeitdüngungsversuch in jedem Jahr (1994-1999) bei höherer Düngung eine höhere Bildung von AAP im Wein (LINSSENMEIER ET AL. 2008). Diese Ergebnisse stimmen mit den Ergebnissen aus dem hier gezeigten Gefäßversuch überein. Auf der anderen Seite konnte bei LINSSENMEIER UND LÖHNERTZ (2007 c) im gleichen Versuch gezeigt werden, dass eine jahrgangsbedingte hohe Einlagerung von Aminosäuren in den Most zu geringen AAP-Konzentrationen führte. Bei dieser Korrelation liegen zwei Effekte übereinander: ein Düngeeffekt und ein Jahrgangseffekt.

Die Ergebnisse von SPONZOLZ ET AL. (2001) zeigen bei einem Versuch aus Baden mit einer geringen N-Konzentration im Most höhere Konzentrationen an AAP im Wein. Dabei wurde die Erhöhung der N-Konzentration im Most zum einen durch Düngung (0 und 100 kg N/ha) und zum anderen durch unterschiedliche Bodenpflege (Mulchen und Bodenbearbeitung) beeinflusst. Bei diesem Versuch (1996-1998) gab es große Jahrgangsunterschiede und es war auch möglich, dass bei der Variante Mulchen mit hoher N-Düngung höhere AAP-Konzentrationen zu finden waren. Eine Erhöhung von N durch Düngung führt nicht immer zu tieferen AAP-Konzentrationen, während dies bei einer Bodenbearbeitung immer der Fall war. Auch bei LÖHNERTZ ET AL. (2002) konnte durch Bodenbearbeitung die AAP-Bildung

verringert werden, was auf eine höhere Einlagerung von N und anderen positiven Inhaltsstoffen zurückzuführen sein könnte. Auch dies zeigt, dass hier zwei Effekte, die gegenläufig sein können, übereinander liegen. Zum einen wurde die N-Konzentration durch Düngung beeinflusst und zum anderen durch eine Bodenbearbeitung, die neben einer höheren N-Verfügbarkeit auch andere Effekte (z.B. Wasserhaushalt) nach sich ziehen kann. In einem Versuch aus Franken mit Kerner führte eine Anhebung der Gesamt-AS-Konzentration durch späte Lese zu einer Abnahme der AAP-Konzentration im Wein (SCHWAB ET AL. 1999).

Eine hohe AAP-Bildung bei geringer Gesamt-AS-Konzentration im Most konnte auch bei den Ergebnissen des Gefäßversuchs beobachtet werden. Die Variante „N1 feucht-trocken“ zeigte beim Jahrgang 2008 hohe Konzentrationen an AAP. Somit ist es unter bestimmten Bedingungen auch möglich, dass bei geringen N-Konzentrationen im Most viel AAP im Wein gebildet werden kann (Abb. 4-17).

Die Ergebnisse aus der Literatur und aus dem Gefäßversuch zeigen, dass der Zusammenhang zwischen der Konzentration an N im Most und der AAP-Konzentration im Wein sowohl positiv als auch negativ sein kann. Eine erhöhte Einlagerung von N in die Traube und somit in den Most durch hohe N-Düngung führt nicht zwangsläufig zu einer Verringerung der AAP-Bildung.

Andere weinbauliche Maßnahmen, die zu einer Steigerung der N-Einlagerung und Reife der Trauben führen wie späte Lese und Bodenbearbeitung, können das Risiko einer AAP-Bildung und auch die Bildung von UTA ohne AAP vermeiden. Eine jahrgangsbedingt hohe N-Einlagerung in die Trauben hat den gleichen Effekt.

Die Hypothese, dass mangelnde N-Düngung zu erhöhten AAP-Konzentrationen im Wein führen, muss zum Teil verworfen werden. Eine geringe N-Düngung führt nicht zwangsläufig zu mehr AAP im Wein. Zwar kann eine geringe N-Düngung in manchen Fällen auch zu höheren AAP-Konzentrationen führen, doch die Ergebnisse zeigen, dass das Risiko hohe AAP-Konzentrationen im Wein zu finden mit steigender N-Düngung zunimmt.

Trockenheit

Der Wasserverbrauch der Rebe ist in Abb. 4-1 dargestellt. Die „feucht“ gehaltenen Varianten hatten einen Bedarf von 200–220 Liter/Stock in der Zeit vom Austrieb bis zur Lese. Der etwas höhere Verbrauch im Jahr 2006 ist sicherlich auf die enorm hohen Temperaturen im

Juli 2006 zurückzuführen. Die „trockenen“ Varianten kamen mit sehr geringen Wassermengen aus (Abb. 4-1). Die Angaben, dass der Bedarf pro m² bei 400–450 Litern liegt, zeigt, dass nur die Hälfte von der Rebe gebraucht wird, während die andere Menge an Wasser über Bodenverdunstung, Wasseranspruch der Begrünung oder sonstige Verluste verloren geht. Bei Xylemflussmessungen im Freiland verbrauchte Riesling auf unterschiedlichen Unterlagen zwischen 91–130 L/m² (SCHMID 1997) innerhalb 85 Tagen. Bei einem Standraum von 2,28 m²/Rebe sind dies zwischen 207–296 L/Rebe. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Blattfläche aufgrund der höheren Augenzahl im Freiland (ca. 16 Augen/Stock) größer war als in den Gefäßen (6–7 Augen/Stock) und darum der Verbrauch pro Stock höher lag. Der Wasserverbrauch für eine Zusatzbewässerung von Reben in Australien lag bei 180–300 Liter/m² (STOLL 2000).

Der Einfluss von Trockenheit auf UTA wird in vielen Arbeiten erwähnt (POHL 1992, RAPP UND VERSINI 1995, LÖHNERTZ 1996, SPONHOLZ ET AL. 1997, MÜLLER 2002, WINTER 2003, HENICK-KLING 2008, LINSENMEIER ET AL. 2008). Es liegen jedoch nur sehr wenige Arbeiten vor bei denen tatsächlich die Trockenheit durch Messmethoden erfasst wurde.

Bei dem hier vorgestellten Gefäßversuch wurde die AAP-Konzentration durch die Bewässerung nur zu 10% beeinflusst. Signifikante Unterschiede gab es ausschließlich zwischen den Varianten „N1 feucht“ und „N2 feucht-trocken“. Auffallend war, dass im Mittel über alle Jahre die Variante „N2 feucht-trocken“ die höchsten Konzentrationen an AAP aufwies. Im Jahr 2008 war dies auch bei der Variante „N1 feucht-trocken“ zu beobachten, was sich jedoch in den anderen zwei Versuchsjahren nicht bestätigte (Abb. 4-17).

Der Zusammenhang zwischen der Bewässerungsmenge und der AAP-Konzentration im Wein war über alle Varianten und Jahrgänge gesehen hochsignifikant, jedoch lag das Bestimmtheitsmaß nur bei 0,09 (Tab. 4-27, Abb. 4-28). Der höchste Zusammenhang war zwischen der Wassermenge nach dem Weichwerden und der AAP-Konzentration im Wein bei den Varianten N2 mit 33% zu finden. Dies zeigte, dass ein Wassermangel nach dem Weichwerden bei einer hohen Düngung zu mehr AAP im Wein führen konnte.

Einen Zusammenhang zwischen jahrgangsbedingter Trockenheit und dem Auftreten von UTA sehen SCHWAB ET AL. (1996). Die Ausprägung des UTA hängt demnach mit einer anhaltenden Trockenheit (< 30% nFK bei Sandboden, 30-40 mm Restwasser) in den Nachblütemonaten Juni-August zusammen.

LINSENMEIER ET AL. (2008) fanden zwischen dem Bodenwassergehalt und AAP in den Versuchsjahren 1994–1999 nur einen geringen Zusammenhang von 11%. Visuell konnte bei der tiefgründigen Anlage kein Trockenstress festgestellt werden. Die kritische Grenze von SCHWAB ET AL. (1996) von 30–40 mm Restwasser wurde nur im Jahr 1994 erreicht. Es wird jedoch erwähnt, dass die jahrgangsbedingte AAP-Bildung zum Teil auf die Bodenwassergehalte zurückgeführt werden kann.

Bei dem hier vorgestellten Gefäßversuch sank die nutzbare Wasserkapazität nie längerfristig unter 30% nutzbare Wasserkapazität ab (pF 4,2: 70 mm, max. nutzbare Wasserkapazität: 190 mm) (Abb. 4-2). Bei 35% nutzbarer Wasserkapazität, die in den Gefäßen bei Trockenheit vorlagen, sind immer noch 67 mm Restwasser vorhanden. Ein Vergleich der Trockenheit im Gefäß mit Trockensituationen im Freiland ist aufgrund des unterschiedlichen Wurzelsystems schwierig. Trotzdem passten die gewonnen Ergebnisse, dass die Varianten „feucht-trocken“ tendenziell mehr AAP bilden, zu den Ergebnissen der Literatur.

RAPP UND VERSINI (2002) fanden einen Zusammenhang zwischen dem Wasserhaushalt und der Bildung von AAP in Wein. In vielen Jahrgängen lagen im Bereich der Südlichen Weinstraße (Pfalz) die Niederschläge in den für die Reifeentwicklung der Trauben wichtigen Monaten (Juli, August, September) deutlich unter dem 50-jährigen Mittelwert (1951–2000). Die von RAPP UND VERSINI (2002) analysierten Weine dieser Jahrgänge zeigten erhöhte AAP Konzentrationen ($> 0,7 \mu\text{g/L}$).

Auch SPONHOLZ ET AL. (1997) konnten einen Zusammenhang zwischen Wassermangel und dem Auftreten von UTA (es wurde kein AAP bestimmt) feststellen. Von Bedeutung ist hier die Tatsache, dass bei Riesling verschiedene Aufnahmephasen von Stickstoff zu beobachten sind, von denen zwei von besonderer Bedeutung für die Pflanze sind (LÖHNERTZ 1988). Eine Untersuchung an deutschen Rieslingen der Erntejahre 1980–1993 zeigte, dass UTA bevorzugt dann auftritt, wenn während N-Sink 2 (10 Tage vor bis 10 Tage nach dem Weichwerden der Beere) Trockenheit herrscht. Ergebnisse von REYNOLDS ET AL. (2007) aus den USA zeigen, dass Weine aus der unbewässerten Variante mehr UTA zeigten, ebenso wie Weine aus der Variante bei der die Bewässerung zu Reifebeginn gestoppt wurde. Die Variante, die das ganze Jahr bewässert wurde, zeigte die geringste UTA-Neigung, was mit den Ergebnissen dieser Arbeit übereinstimmt. Dies kann auch erklären, dass in Oregon

eine Zusatzbewässerung zum richtigen Zeitpunkt eine Ausbildung von UTA verhindern kann (MÜLLERS 1996 in SPONHOLZ ET AL. 2001).

Trockenheit führt nicht zwangsläufig zu einer höheren AAP-Bildung. Entscheidend scheint zu sein, wann die Trockenheit auftritt. Weiterhin kann beobachtet werden, dass Trockenheit nach dem Weichwerden vor allem in Kombination mit hoher Düngung zu stärkerer AAP-Bildung im Wein führen kann.

Zusammenhang zwischen Traubenertrag und der AAP-Konzentration

Durch Beobachtung in der Praxis wurde ein hoher Ertrag als Mitverursacher von UTA angesehen (POHL 1992, LÖHNERTZ 1996, MÜLLER 2002).

Der Ertrag wurde im Gefäßversuch zu einem Anteil von 13% von der Düngung beeinflusst. Vor allem in den Versuchsjahren 2007 und 2008 konnten signifikante Unterschiede im Traubenertrag zwischen der Düngestufe N1 und N2 gefunden werden (Abb. 4-3). In der Literatur wurde der Einfluss der N-Düngung auf das Ertragsverhalten unterschiedlich beschrieben. Die N-Düngung führte zu einer Steigerung des Ertrags (GÄRTEL 1966, EWART UND KLIEWER 1997, KANNENBERG 1992, 1993, SCHWAB 1998, MAIGRE 1998, SEITER 2000, LINSSENMEIER UND LÖHNERTZ 2007 b). Andere Autoren fanden keinen Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag (MÜLLER 1982, 1986, FOX 1990, SCHALLER UND LÖHNERTZ 1985). Neben der Düngung hatte die Bewässerung mit einem Anteil von 11% einen signifikanten Einfluss auf den Traubenertrag (Abb. 4-3). Auf eine Erhöhung des Ertrages durch Bewässerung wurde in der Literatur hingewiesen (REYNOLDS ET AL. 2007, GRUBER ET AL. 2004, PONI et al. 1993, NAYLOR 1994). Auch durch eine Fertigation konnte der Traubenertrag gesteigert werden (BALO ET AL 1999, GRIMMICH et al. 2004). Zwischen dem Ertrag und der Bildung von AAP im Wein konnte über alle Jahre und Varianten ein negativer nicht signifikanter Zusammenhang ($r^2 = 0,01$) gefunden werden (Tab. 4-27, Abb. 4-28). Auch LINSSENMEIER (2007) konnte bei Düngungsversuchen keinen Einfluss des Ertrags auf die AAP-Konzentration im Wein beobachten.

Eine Bewässerung vor allem vor dem Weichwerden bei hohem N-Angebot konnte zu einem höheren Traubenertrag führen (Abb. 4-3). Dieser hohe Ertrag konnte bei Wassermangel beim Weichwerden der Trauben tendenziell zu mehr AAP führen. Auf der anderen Seite konnte auch ein geringer Ertrag bei Stresssituationen ebenfalls zu mehr AAP führen, was die Varianten „N1 feucht-trocken“ im Jahrgang 2008 und „N2 trocken“ zeigten (Abb.

4-17). Der Faktor Ertrag alleine scheint für die Bildung von AAP nicht verantwortlich zu sein. Wenn genügend Wasser zur Verfügung steht, muss ein hoher Ertrag nicht zwangsläufig zu mehr AAP führen. Dies könnte auch der Grund dafür sein, dass in Versuchen aus der Literatur mit Erhöhung der Augenzahl nicht mehr AAP gefunden wurde (RAPP UND VERSINI 1995, SCHWAB ET AL. 2001). Auch die Beobachtungen aus der Praxis, die besagen, dass Nicht-Schnittanlagen mit sehr hohen Traubenerträgen nicht zu UTA neigen, wären damit zu erklären (SCHULTZ ET AL. 2001).

Zusammenhang zwischen Wüchsigkeit und der AAP-Konzentration

Das Auftreten von UTA bei schwachem Wachstum der Reben wurde in der Literatur mehrfach angesprochen (MÜLLER 2010, PETGEN 2009, SEITER UND RIEDEL 2001, WALG 2003). Als Indikatoren für das Wachstum einer Anlage dienen hier der Deckungsgrad der Laubwand, das Gipfellaub, das Frucht-Holz-Verhältnis und das Beerengewicht.

Die Menge an Gipfellaub konnte im Jahr 2008 bei den hoch gedüngten Varianten erhöht werden (Tab. 4-4). Ein Anstieg des vegetativen Wachstums durch Düngung fanden auch KELLER ET AL. (1998). Weder die Menge an Gipfellaub (1. Termin) noch der Deckungsgrad der Laubwand hatten einen großen Zusammenhang mit der Konzentration an AAP im Wein (Tab. 4-27).

Ein weiteres Maß für das vegetative Wachstum einer Rebanlage ist das Verhältnis zwischen Traubenertrag und Schnittholzertrag, das als Frucht-Holz-Verhältnis bezeichnet wird. Das Gewichtsverhältnis zwischen Traubenertrag und Schnittholzertrag liegt nach PETGEN (2009) bei optimaler Wüchsigkeit zwischen 8:1 (z.B. Dornfelder) und 4:1 (Spätburgunder, Riesling). Dieses Verhältnis ist ab dem Jahrgang 2007 bei dem Gefäßversuch mit Müller-Thurgau deutlich überschritten (Abb. 4-5). Der Zusammenhang zwischen dem Frucht-Holz-Verhältnis und der AAP-Konzentration im Wein ist jedoch gering ($r^2 = 0,02$) und nicht signifikant (Tab. 4-27, Abb. 4-28). Ein hohes Frucht-Holz-Verhältnis muss nicht zwangsläufig zu mehr AAP im Wein führen.

Das Beerengewicht war hauptsächlich von der Bewässerung abhängig (Abb. 4-4, Tab. 4-2) und deckte sich mit den Beobachtungen aus der Literatur (OJEDA ET AL. 2001, PONI ET AL. 1993, WILLIAMS UND MATTHEWS 1990, REYNOLDS UND NAYLOR 1994, GRUBER 2004). Der Zusammenhang zwischen dem Beerengewicht und AAP war gering. Das Bestimmtheitsmaß lag bei 0,01 und die Steigung war negativ (Tab. 4-27). Tendenziell zeigte dies, dass

mit höherem Beerengewicht weniger AAP vorkommt. Doch dies ist ein Effekt des Wasserangebots und mehr Wasser, vor allem nach Reifebeginn, führt zu einer geringeren AAP-Bildung.

Die Ergebnisse aus den Gefäßversuchen zeigen, dass ein geringes Wachstum zwar zu Weinen mit erhöhten Konzentrationen an AAP führen kann, aber das Risiko einer AAP-Bildung mit starkem Wachstum nicht unterbunden wird.

5.1.2 Erhöhte Strahlung führt nicht zu erhöhten AAP-Konzentrationen

Veränderung in der Traube durch UV-Strahlung

Die unterschiedlichen Belichtungsvarianten führten beim Gefäßversuch zu einer geringeren Grün-Färbung der Trauben der UV-B-bestrahlten Varianten (Abb. 4-19). Eine Ursache dafür könnte der schnellere Abbau des Chlorophylls in den stark exponierten Trauben als Reaktion auf die UV-Strahlung sein (LAFONTAINE ET AL. 2003, 2005). Höhere UV-Strahlung führt jedoch auch zu einer verstärkten Bildung von schützenden Pigmenten (TEVINI 1996) und zu einer dickeren Blattoberfläche (KELLER ET AL. 2003). Die Bildung von Flavonolen in Blättern und Beeren von Reben (KOLB ET AL. 2001, 2003, WARGENT ET AL. 2009, GREGAN ET AL. 2012) und die Veränderung der Carotinoide (SCHULTZ ET AL. 2001, SCHULTZ ET AL. 1998, STEEL UND KELLER 2000) scheinen hier einen Einfluss zu haben. Eine Veränderung von Carotinoiden in Trauben könnte in Rieslingweinen zu mehr TDN führen, was einen Fehltoneindruck fördern könnte (SCHULTZ ET AL. 2001). Im Wein wurde durch einen UV-Schutz der Reben die Konzentration an Terpenen verändert (HÜHN ET AL. 1999 b).

Einfluss der Strahlung auf oxidativen Stress

Es wird vermutet, dass es einen Zusammenhang zwischen oxidativem Stress in Pflanzen und Fehltönen geben könnte. Durch UV-B-Strahlung kann oxidativer Stress entstehen (POLLE 1997, JUG UND RUSJAN 2012). So hat UV-B-Strahlung genug Energie, um H_2O_2 in zwei Hydroxylradikale zu spalten (LEVIN 1999). Malondialdehyd ist ein Marker für oxidativen Stress. BERLI ET AL. (2010) konnten zeigen, dass Blätter von Reben, die mit UV-B bestrahlt wurden, mehr Malondialdehyd bildeten. Beim Gefäßversuch konnte kein signifikanter Unterschied bei der Malondialdehydkonzentration in den Blättern, die zusätzlich mit

UV-B bestrahlt wurden, beobachtet werden (Abb. 4-20). Der Zusammenhang zwischen Malondialdehyd in Blättern und AAP im Wein bei den Strahlungsvarianten weist ein Bestimmtheitsmaß von 0,29 auf und ist signifikant (Tab. 4-27). Der Zusammenhang ist bei den Strahlungsvarianten auf einen Jahrgangseffekt zurückzuführen, da sich zwischen den Varianten die Konzentration an Malondialdehyd nicht sehr stark unterschied (Abb. 4-20). In den einzelnen Versuchsjahren war der Zusammenhang zwischen Malondialdehyd und der AAP-Konzentration negativ.

Zusammenhang zwischen Strahlung und der AAP-Konzentration

HÜHN ET AL. (2002) sehen einen Zusammenhang zwischen der Konzentration an Gesamt-AS im Most und der Bildung von AAP. Dabei gehen sie davon aus, dass es durch UV-B-Strahlung zu einer geringeren Einlagerung von AS in den Most kam (HÜHN ET AL. 2002), was auch in einem anderen Versuch gezeigt werden konnte (SCHULTZ ET AL. 1998, 2001). Eine Abnahme der Aminosäurebildung in Algen durch UV-B-Strahlung ist ebenfalls bekannt (DÖHLER ET AL. 1995).

Bei dem Gefäßversuch konnte durch eine Veränderung der UV-B-Strahlung kein signifikanter Effekt auf die AS-Konzentration gefunden werden (Abb. 4-22). Auch die Konzentration an AAP im Wein wurde bei diesen Varianten nicht signifikant verändert. Tendenziell konnte bei den Varianten UV-B erhöht leicht höhere AAP-Konzentrationen gefunden werden, was jedoch nicht durch eine geringere Einlagerung von Gesamt-AS zu begründen war (Abb. 4-26, Abb. 4-21, 4-22). Der Zusammenhang zwischen Gesamt-AS im Most und AAP im Wein war nicht signifikant (Tab. 4-28). Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen konnte der Schutz der Reben mit Folien oder einem UV-Absorber zu einer geringeren Bildung an AAP (HÜHN ET AL. 1999 b, HÜHN ET AL. 2002, HÜHN ET AL. 2003) führen. Diese Abnahme war jedoch ausschließlich in der Variante mit zusätzlichem Stress zu beobachten, während dieser Effekt in den ungestressten Varianten nur gering war. Die Ergebnisse von CUPERUS (2007) zeigten bei Weinen aus der gleichen Versuchsfläche wie bei HÜHN ET AL. (1999 b) keinen Unterschied zwischen den Varianten mit und ohne UV-Absorber.

Eine Erhöhung der Skatol-Konzentration im Wein, wie sie bei Sponholz et al. (2001) gefunden werden konnte, trat beim Gefäßversuch nicht auf (Abb. 4-23). Bei Indol führte eine UV-B-Strahlung tendenziell zu geringeren Konzentrationen im Wein (Abb. 4-24).

Die Hypothese, dass die UVB-Strahlung zu einer erhöhten Konzentration an AAP im Wein führt muss anhand der Ergebnisse aus dieser Arbeit verworfen werden. Jedoch könnte UV-B-Strahlung bei zusätzlichem Stress unter Umständen die AAP-Bildung im Wein fördern, was die Ergebnisse von HÜHN ET AL. (2002) zeigten.

5.2 Einfluss von Indolessigsäure und dem antioxidativen Potential im Wein auf die AAP-Konzentration

Den von DOLLMANN ET AL. (1996) beschriebenen nicht-enzymatischen Abbau von IES zu AAP greifen CHRISTOPH ET AL. (1998, 1999) wieder auf. Sie entwickeln die Beobachtungen von HORNG UND YANG (1975) und YANG UND SALEH (1973) fort und zeigten die mögliche Bedeutung von schwefliger Säure bei der Umsetzung von IES zu AAP durch radikalische Cooxidation. Bei der Oxidation von Sulfid zu Sulfat werden Superoxid- und Hydroxylradikale gebildet, wobei der Pyrrolring der IES oxidiert wird. Einen Weinausbau unter Sauerstoffabschluss durchzuführen, um eine Oxidation von SO_2 zu verhindern, führt nicht zu UTA-freien Weinen (SCHNEIDER 2013 b).

HOENICKE ET AL. (2002 b) zeigen, dass für die Oxidation von IES zu AAP nur Superoxidradikale in der Lage sind. In weinähnlichen Lösungen wurde IES nach Schwefelung und Warmlagerung zu 22 mol% zu AAP umgesetzt (CHRISTOPH ET AL. 1998, 1999). Weitere Substanzen, die in Gegenwart von SO_2 zu Formylacetophenon und AAP umgesetzt werden, sind Indolmilchsäure zu 1 mol%, Indolpyruvat zu 0,3 mol%, Indol-3-essigsäureethylester zu 0,1 mol% und Tryptophan zu 0,002 mol%. Die Umsetzung von IES zu AAP in Wein lag dagegen unter vergleichbaren Bedingungen lediglich bei 4 mol%. Mit diesen Arbeiten scheint der Nachweis erbracht, dass IES die Vorstufe von AAP im Wein darstellt. Entscheidend schien dabei die Konzentration an freier IES im Wein zu sein.

Stress führt nicht zu mehr IES im Most

Aufgrund dieser Grundlagen wurde in den folgenden Jahren mehrfach vermutet (SCHWAB ET AL. 1999, MÜLLER 2000), dass durch Stress im Weinberg mehr IES in gebundener und freier Form in der Traube gebildet wird und diese später im Wein nach der Schwefelung zu AAP umgebaut wird. HOENICKE ET AL. (2001 a) wiesen in Mosten in Abhängigkeit vom Jahrgang zwischen $<12 \mu\text{g/L}$ und $135 \mu\text{g/L}$ gebundene IES nach. Freie IES war in den Mosten nicht nachweisbar ($< 3 \mu\text{g/L}$). In Jahren mit ausreichendem Nieder-

schlag waren die Werte höher als in trockenen Jahren. Hohe Erträge, frühe Lese und Entblätterungsmaßnahmen führten zu einer Abnahme der Gesamt-IES Konzentration.

Auch bei dem hier vorliegenden Gefäßversuch waren im Most nur geringe Konzentrationen an freier IES (Abb. 4-50, 4-55) zu finden, während die Gesamt-IES im Mittel über drei Jahre bei 96 µg/L lag (Abb. 4-52, 4-57). Diese Ergebnisse passen zu den Ergebnissen von HOENICKE (2002) und LINSSENMEIER (2007).

Durch unterschiedliche Strahlung, Düngung oder Bewässerung konnte im Mittel über alle Versuchsjahre keine signifikant unterschiedlichen Konzentrationen der Gesamt-IES beobachtet werden (Abb. 4-56, 4-58). Auch LINSSENMEIER ET AL. (2004) konnten aufgrund von Stickstoffstress keine erhöhten Konzentrationen an Gesamt-IES finden.

MÜLLER (2000, 2002, 2004) und SCHWAB ET AL. (1999) vermuten, dass es durch erhöhte UV-Strahlung zu einer stressbedingten Bildung von IES in der Traube kommt, die dann im Wein zu UTA führt. UV-B-Strahlung ist in der Lage, IES zu oxidieren (JANSEN ET AL. 2001). Aus diesem Grund wurde davon ausgegangen, dass dies die Bildung von AAP durch UV-B-Strahlung beeinflusst werden könnte (SCHULTZ 2000, SCHULTZ ET AL. 2001). Bei direkter Bestrahlung von IES-Lösungen mit UV-Licht konnte eine Bildung von AAP beobachtet werden (CHRISTOPH ET AL. 1996, DOLLMANN ET AL. 1996, HÜHN 2004). Diese führte jedoch nicht zu sensorisch relevanten AAP-Konzentrationen im Wein.

Bei dem Gefäßversuch konnte durch die unterschiedliche Bestrahlung kein signifikanter Unterschied in Gesamt-IES Konzentration beobachtet werden (Abb. 4-57). Bei der freien IES gab es einen signifikanten Unterschied (Abb. 4-55). Doch da die Konzentrationen gering sind und an der Nachweisgrenze liegen, sollte dieses Ergebnis nicht überbewertet werden.

Die Ergebnisse aus dem Freilandversuch zeigen, dass eine frühe Lese zu tieferen Gesamt-IES-Konzentrationen im Most führen kann als eine späte Lese (Tab. 4-66), was mit den Ergebnissen von HOENICKE ET AL. (2001 a) übereinstimmt.

Zwischen der Gesamt-IES-Konzentration im Most und der AAP-Konzentration oder der UTA-Note im Wein konnte kein Zusammenhang ermittelt werden (HOENICKE 2002, HOENICKE ET AL. 2001 a, LÖHNERTZ ET AL. 2002, LINSSENMEIER 2007, LINSSENMEIER ET AL. 2007 b).

Stress führte nicht zu mehr IES im Most und es gab keinen Zusammenhang zwischen der Konzentration an Gesamt-IES im Most und der Bildung an AAP.

Stress führt zu mehr IES im Wein

Während der Gärung war beim Gefäßversuch eine Zunahme der Konzentration an freier IES zu beobachten (Abb. 4-51). Eine Zunahme an freier IES beschrieben sowohl HOENICKE ET AL. (2001 a) als auch LINSSENMEIER (2007).

Durch unterschiedliche Strahlung konnte kein signifikanter Unterschied der freien IES beobachtet werden (Abb. 4-54). Die N-Düngung hatte einen signifikanten Einfluss auf die Zunahme der Konzentration an freier IES während der Gärung. Die Düngestufe N1 zeigte eine höhere Konzentration an freier IES als die Düngestufe N2. Dies stimmt mit den Ergebnissen von HOENICKE (2002) und HOENICKE ET AL. (2001 a) überein, die bei gut versorgten Mosten geringere Mengen an freier IES nach der Gärung im Vergleich zu schlechter versorgten Mosten fanden. Bei LINSSENMEIER (2007) wurde durch Stickstoffmangelstress die freie IES nicht signifikant beeinflusst, jedoch konnte tendenziell mit zunehmender N-Düngung eine Abnahme der Konzentration an freier IES beobachtet werden.

Durch die Bewässerung wurde bei der Variante „N1 feucht-trocken“ eine signifikant höhere Konzentration an freier IES während der Gärung gebildet. Dies war vor allem in den Jahren 2007 und 2008 der Fall. Dieser Effekt konnte bei der Variante „N2 feucht-trocken“ nicht beobachtet werden (Abb. 4-50).

Während der Gärung nahm die Konzentration an Gesamt-IES im Mittel über alle Varianten und Jahrgänge signifikant ab (Abb. 4-52, Tab. 4-47). Bei LINSSENMEIER (2007) zeigte sich eine Abnahme der Gesamt-IES während der Gärung, während bei unterschiedlicher Düngung kein signifikanter Einfluss auf die Gesamt-IES auftrat. Dies konnte bei dem hier vorliegenden Gefäßversuch nicht beobachtet werden. Die Gesamt-IES-Konzentration lag bei den Varianten der Düngestufe N2 nach der Gärung signifikant tiefer als die der Düngestufe N1 (Abb. 4-52, Tab. 4-47).

In den Jahren 2007 und 2008 war bei einigen Varianten der Düngestufe N1 und bei den Varianten mit unterschiedlicher Bestrahlung eine Zunahme der Gesamt-IES während der Gärung zu beobachten (Abb. 4-51, Abb. 4-56). Erklärt werden könnte dieser Unterschied und die Zunahme an Gesamt-IES mit den Ergebnissen von HOENICKE ET AL. (2001 b) und SIMAT ET AL. (2004). In Mosten aus früher Lese mit geringer Stickstoffversorgung nahm

die Konzentration an Gesamt-IES zu, während in Mosten aus später Lese eine Abnahme zu beobachten war.

Wie bei der freien IES konnte durch die Bewässerung die Gesamt-IES nur bei der Variante „N1 feucht–trocken“ signifikant erhöht werden. Bei der Düngestufe N2 hatte die Bewässerung keinen signifikanten Einfluss (Abb. 4-52). Die unterschiedliche Strahlung führte im Mittel über alle Versuchsjahre zu keiner signifikanten Veränderung der Gesamt-IES nach der Gärung (Abb. 4-58).

HOENICKE (2002) vermutet, dass bei Stress aufgrund eines veränderten Hefemetabolismus vermehrt freie IES während der Gärung gebildet wird. Diese Hypothese kann aufgrund der hier vorliegenden Ergebnisse zum Teil bestätigt werden. Stress, verursacht durch Strahlung führt nicht zu mehr IES und Gesamt-IES im Wein. Bei geringem N-Angebot während der Gärung bildet die Hefe höhere Konzentrationen an freier IES und Gesamt-IES. Dies würde die gängige Hypothese, die davon ausgeht, dass die Bildung von AAP im Wein mit steigender Konzentration an IES zunimmt, bestätigen (CHRISTOPH ET AL. 1998). Auf der anderen Seite gibt es die Aussage, dass immer genügend IES im Wein nach der Gärung vorhanden ist, um AAP über der Geruchsschwelle zu bilden (KÖHLER ET AL. 2008).

Zusammenhang zwischen IES und AAP

Aufgrund der Ergebnisse von HOENICKE (1997 zitiert in CHRISTOPH ET AL. 1998) kommen CHRISTOPH ET AL. (1998) zum Schluss, dass die nach der Gärung im Jungwein vorliegenden Mengen an freiem IES bei einem Umsatz von 1 bis 2 mol% durch die radikalische Cooxidation zu AAP-Konzentrationen führen, die ausreichen, um UTA auszulösen.

In dieser Arbeit konnten bei Modellversuchen mit Müller-Thurgau Weinen aus dem Gefäßversuch bei Zugaben von hohen Mengen an IES hohe Konzentrationen an AAP gebildet werden (Abb. 4-69). Dabei war die Abnahme an IES nach der Schwefelung und Warmlagerung des Weines hochsignifikant abhängig von der zugesetzten Menge an IES. Die IES-Abnahme wurde zu 88% durch die Konzentration an IES im Wein beeinflusst (Tab. 4-60).

Die Bildung von AAP war bei jedem einzelnen Wein sehr stark von der Konzentration an IES abhängig. Der Zusammenhang zwischen der Konzentration an IES und der Bildung von AAP bei dem einzelnen Wein war immer hochsignifikant und das Bestimmtheitsmaß lag zwischen 0,85 und 0,98. Auf alle Weine berechnet lag das Bestimmtheitsmaß nur noch bei 0,32 (Tab. 4-61). Dies zeigt, dass die Bildung von AAP nicht nur von der zugesetzten

Menge an IES abhängig war. Einen Einfluss auf die AAP-Bildung hatte auch jeder einzelne Wein (Tab. 4-60). Die Umsatzrate von abgebautem IES zu AAP wurde hochsignifikant durch den einzelnen Wein beeinflusst. Die Umsatzraten der Weine lagen zwischen 1,1 und 6,9 mol%. Das heißt, dass die Umsetzung von abgebauter IES zu AAP bei jedem Wein unterschiedlich ist und darum die Umsatzrate hochsignifikant vom Wein abhängig ist (Abb. 4-69, Tab. 4-60).

Nachfolgend werden die Ergebnisse des Modellversuchs mit den Ergebnissen aus dem Gefäßversuch verglichen. In Arbeiten aus der Literatur (HOENICKE 2002, LINSSENMEIER 2007) wurde der Zusammenhang zwischen IES und AAP immer mit der freien IES nach Gärung dargestellt. Bei den Ergebnissen aus dem Gefäßversuch wurde sowohl mit freier IES nach Gärung als auch mit der Gesamt-IES nach Gärung gerechnet. Die Umsetzung von gebundener IES zu AAP war nach CHRISTOPH ET AL. (1998) in geringem Maße nur bei IES-Ethylester möglich, während IES-Alanin und IES-Phenylalanin nicht umgesetzt wurden. Da jedoch nicht sicher ist, ob die Gesamt-IES, die während der Lagerung abnahm, nicht doch zu freier IES umgesetzt wird, wurde auch mit der Gesamt-IES gerechnet. Die Umsatzrate wurde nicht mit der Konzentration an IES nach der Gärung berechnet, sondern mit der Differenz zwischen dem Zeitpunkt nach Gärung und Lagerung.

Die Ergebnisse aus dem Modellversuch erklären auch, warum es im natürlichen Wein aus dem Gefäßversuch nur einen geringen Zusammenhang zwischen Gesamt-IES / freie IES nach Gärung und AAP im Wein geben kann. Zwar nahm mehr Gesamt-IES / freie IES zwischen dem Zeitpunkt nach Gärung und Lagerung ab, was mit dem Modellversuch übereinstimmt. Der Zusammenhang zwischen IES und IES-Abnahme war mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,79 bei der freien IES und 0,82 bei der Gesamt-IES hochsignifikant (Abb. 4-59, Tab. 4-52). Da aber jeder Wein seine eigene Umsatzrate hat, kann es nur einen geringen Zusammenhang zwischen IES im Wein und der Bildung von AAP geben oder es kann nur dann einen Zusammenhang geben, wenn die unterschiedlichen Weine eine ähnliche Umsatzrate aufweisen. Aus der abgebauten IES wurde offensichtlich nicht zwingend AAP gebildet. Nach HOENICKE ET AL. (2002) ist ein Abbau von IES auch durch Hydroxylradikale möglich, jedoch ohne die Bildung von AAP. Auf der anderen Seite wurde in manchen Weinen trotz geringer IES-Konzentrationen und geringer Abnahme der IES-Konzentration während der Lagerung viel AAP gebildet. Die Umsatzraten waren dabei bei der Düngestufe N2 deutlich höher als bei der Düngestufe N1.

Auffallend ist, dass bei hohen Konzentrationen an freier IES auch bei einer geringen Umsatzrate hohe Konzentrationen an AAP im Wein entstehen können. Dies war bei der Variante „N1 feucht-trocken“ im Jahr 2008 der Fall. Durch Stickstoffmangel lagen nach der Gärung hohe Konzentrationen an freier IES vor, die während der Lagerung des Weines mit einer Umsatzrate von 1,4 mol% zu einer AAP-Konzentration von 0,6 µg/L abgebaut wurden. Dieser Effekt war im Jahr 2007 nicht zu beobachten, obwohl auch hier hohe Konzentrationen an IES im Wein nach der Gärung vorlagen (Abb. 4-59, Abb.4-17).

HOENICKE ET AL. (2002 b) und LINSSENMEIER ET AL. (2007 b) konnten keinen Zusammenhang zwischen der UTA-Intensität im Wein und der Konzentration an freier IES im Wein nach der Gärung finden. Dagegen fanden SIMAT ET AL. (2004) einen Zusammenhang zwischen freier IES nach der Gärung und AAP im Wein nach der Lagerung. Dabei war die Korrelation mit 30-50 % signifikant und vor allem bei der frühen Lese bestand ein großer Zusammenhang. Jedoch wird in dieser Arbeit angefügt, dass neben freier IES auch andere bisher nicht bekannte Faktoren die Bildung von AAP im Wein beeinflussen. Dieser Zusammenhang könnte aufgrund der Ergebnisse aus dem hier vorliegenden Modellversuch sicherlich damit erklärt werden, dass die Weine eine ähnliche Umsatzrate aufwiesen und somit die Bildung von AAP stärker von der IES-Konzentration im Wein nach der Gärung abhing als von der Umsatzrate des Weines.

Wenn die Umsatzrate hoch genug ist, liegt im Wein immer genug IES vor damit AAP über der Geruchsschwelle gebildet werden kann. Dafür würden bei dem Gefäßversuch jedoch Umsatzraten von 1-2 mol%, wie sie bei CHRISTOPH ET AL. (1998) beschrieben wurden, nicht immer ausreichen (Abb. 4-57). Auf der anderen Seite reichten bei hohen Konzentrationen an freier IES (> 60 µg/L) Umsatzraten von 1-2 mol% aus um AAP im Bereich der Geruchsschwelle zu erzeugen. Voraussetzung dabei war jedoch, dass die freie IES während der Lagerung auch abgebaut wurde. Bei den Weinen des Gefäßversuchs war eine Abnahme von ca. 70% zu beobachten.

Äußerst kritisch zu bewerten wäre im Zusammenhang zwischen IES und AAP sowohl bei den hier vorliegenden Ergebnissen des Gefäßversuchs, als auch aus den Ergebnissen aus der Literatur, dass immer mit den AAP-Konzentrationen nach der Lagerung des Weines gerechnet wurde. Dies ist nicht ganz richtig, da nicht bekannt ist, ob bereits während der Gärung AAP durch die Hefe gebildet wurde. Es könnte durchaus sein, dass die Umsatzraten

bei der Dünge­stufe N2 nur aus dem Grund höher liegen, weil bei der Dünge­stufe N2 wäh­rend der Gärung mehr AAP gebildet wurde als bei der Dünge­stufe N1. Dieser Sachverhalt wurde hier nicht untersucht.

Die Hypothese, dass eine erhöhte Konzentration an IES zu einem Anstieg an AAP führt muss verworfen werden. Zwar führte eine höhere IES-Konzentration im Modellversuch auch zu mehr AAP im Wein. Im natürlichen Wein gab es jedoch keinen Zusammenhang zwischen der IES-Konzentration und der Konzentration an AAP im Wein nach der Lagerung.

Das antioxidative Potential beeinflusst die Bildung von AAP nur geringfügig

Noch bevor die Bildung von AAP aufgeklärt wurde, fiel auf, dass bei Rotwein, Presswein, oder Maischegärung von weißen Sorten kein UTA auftritt (GEßNER ET AL. 1995, KÖHLER ET AL. 1996, SPONHOLZ ET AL. 1997, BADER 1996). Dies wurde auf den höheren Phenolgehalt in diesen Weinen zurückgeführt. Höhere Konzentrationen an phenolischen Verbindungen bewirken eine hohe antioxidative Kapazität (RECHNER ET AL. 1997, VIVAS ET AL. 1997). Antioxidantien sind in der Lage, die Superoxidradikale abzufangen, wodurch die Spaltung des Pyrrolringes der IES und somit auch die Bildung von AAP verhindert wird (CHRISTOPH ET AL. 1998). Dies ist ein Erklärungsansatz für die Freisetzung von AAP und für die geringere Ausprägung des Fehlers bei Rotweinen durch Abfangaktivitäten phenolischer Inhaltsstoffe.

In den Modellversuchen ist zu sehen, dass ein hohes antioxidatives Potential zu einer geringeren Abnahme an IES sowie zu einer geringeren Bildung an AAP und damit zu einer geringeren Umsatzrate führt. Die AAP-Zunahme wird stärker vermindert als die IES-Abnahme, wodurch die Umsatzrate sinkt (Abb. 4-69).

Bei den Modellversuchen mit Erhöhung des antioxidativen Potentials muss natürlich ergänzt werden, dass dieser Versuch nur mit einem Wein durchgeführt wurde. Würde das Modell mit Weinen mit unterschiedlicher Umsatzrate erweitert werden, würde sich wahrscheinlich zeigen, dass der Zusammenhang zwischen dem antioxidativen Potential und der AAP-Bildung noch weiter abnehmen würde. Damit würde sich auch der Zusammenhang zwischen dem antioxidativem Potential und der Umsatzrate verändern.

Im Wein ohne Zusatz aus den Gefäßversuchen wurde die IES-Abnahme mit einem höheren antioxidativen Potential verringert (Abb. 4-60). Dies stimmt in der Tendenz mit den Ergebnissen aus den Modellversuchen überein (Abb. 4-68).

Zwischen dem antioxidativen Potential und der AAP-Bildung im Wein besteht nur ein geringer Zusammenhang. Bis auf die Varianten der Düngestufe N2 besteht immer ein positiver Zusammenhang (Tab. 4-53). Dieser Sachverhalt steht im Gegensatz zu den Ergebnissen in der Literatur (HOENICKE 2002; GEBNER ET AL. 1998, GEBNER ET AL. 1999 a).

Zwischen dem antioxidativen Potential und der Umsatzrate gibt es nur einen geringen Zusammenhang. Der Zusammenhang zwischen antioxidativem Potential und der Umsatzrate ist immer positiv mit Ausnahme der Düngestufe N2. Es gab Weine mit einer sehr geringen Umsatzrate, obwohl sie nur ein geringes antioxidatives Potential aufwiesen. Der Einfluss des einzelnen Weines auf die Umsatzrate ist höher als der Einfluss des antioxidativen Potentials, das bei den Weinen des Gefäßversuchs nahe zusammen liegt (Abb. 4-60, 4-58).

Auch die Ergebnisse der Literatur zeigen, dass die Bestimmung des antioxidativen Potentials im Wein keinen ausreichenden Parameter darstellt, um die Bildung von AAP im Wein zu erklären (HOENICKE ET AL. 2002 b, LINSSENMEIER 2007). HOENICKE ET AL. (2002 b) konnten keinen ausreichenden Zusammenhang zwischen dem antioxidativen Potential und der UTA-Note im Wein finden. Zwar fanden sie mit hohem antioxidativem Potential kein UTA mehr, doch es gab auch Weine, die bei geringem antioxidativem Potential kein UTA aufwiesen. Auch LINSSENMEIER (2007) konnte zwischen dem antioxidativen Potential und AAP oder UTA keinen ausreichenden Zusammenhang finden. Dies könnte auch ein Grund dafür sein, dass unterschiedliche Maischestandzeiten des Lesegutes nicht zu geringeren Konzentrationen an AAP führen (RAPP UND VERSINI 1995, WOHLFARTH 1993, 1994). Einen positiven Einfluss der Maischestandzeit fand BACH (2005). Ein Zusammenhang zwischen dem antioxidativen Potential und AAP kann nur dann auftreten, wenn mit steigendem antioxidativem Potential die IES-Abnahme verringert wird und der Umsatz der abgebauten IES zu AAP ebenfalls mit steigendem antioxidativem Potential abnimmt.

Für die Bildung von AAP scheinen somit bei diesem Versuch neben

- der Konzentration an Indolessigsäure nach der Gärung
- der Abnahme der Indolessigsäure während der Lagerung
- und dem natürlichen antioxidativen Potential des Weines

weitere Faktoren eine Rolle zu spielen. Es könnte sein, dass die Konzentration an Superoxidradikalen, die im Wein entstehen, für die Umsatzrate von IES zu AAP verantwortlich ist. Dieser Parameter wurde hier nicht untersucht.

Die Hypothese, dass ein sinkendes antioxidatives Potential zu einem Anstieg an AAP im Wein führt muss verworfen werden.

5.3 Die Bildung von 2-Aminoacetophenon bei *Vitis labruscana* und *Vitis vinifera*

Most

In Abb. (4-68) ist die Entwicklung der Konzentration an AAP während der Weinbereitung zu sehen. Es ist zu erkennen, dass im Most nach dem Abbeeren bereits AAP gefunden wurde. SHURE UND ACREE (1994) konnten in Trauben und ACREE ET AL. (1990) in Traubensaft der Amerikanerrebe *Vitis labruscana* AAP finden. Die Konzentrationen lagen in Traubensaft bei 0,13-0,28 µg/L (Acree et al. 1990) und in Traubenextrakten bei 0,08 µg/kg (SHURE und ACREE 1994). Die Einlagerung begann bei der Sorte Concord mit Reifebeginn und nahm während der Reife stetig zu. Aus diesen Ergebnissen wird allerdings nicht ersichtlich, ob AAP tatsächlich in der Traube vorliegt oder während der Verarbeitung der Trauben gebildet wird. BAEK UND CALDALLADER (1999) fanden in Muscadine-Traubensaft (*Vitis rotundifolia*) 10-20 µg/L AAP. Nach GEBNER ET AL. (2000) ist AAP in *Vitis vinifera*-Mosten nicht nachweisbar.

Während dem Entschleimen nahm die Konzentration an AAP bei allen drei Jahrgängen ab. Dies kann sicherlich darauf zurückgeführt werden, dass der Aromastoff an Trubpartikel anhaftet und beim statischen Absetzen des Mostes mit dem Trub ausfällt.

Die Konzentration von Gesamt-IES im Most konnte weder bei der Sorte Niagara noch bei Müller-Thurgau durch die Behandlung signifikant beeinflusst werden. Die Konzentrationen lagen bei Niagara signifikant höher als bei Müller-Thurgau (Abb. 4-64).

Gärung

Bis zum Gärende war sowohl beim Jahrgang 2007 als auch 2008 ein Anstieg von 2-AAP zu beobachten, während beim Jahrgang 2006 AAP während der Gärung abnahm (Abb. 4-48). Die Bildung von AAP während der Gärung bei Niagara wurde bereits von HÜHN ET AL. (1996) festgestellt. Es wurde jedoch auch schon davon ausgegangen, dass AAP im Most vorhanden ist und eine zusätzliche Bildung während der Gärung und Lagerung nicht stattfindet (SPONHOLZ ET AL. 1997). Dies kann durch die hier vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt werden. Unklar ist auch der Bildungsweg von AAP während der Gärung. Für *Vitis vinifera* gibt es einige Ansätze für die Bildung von AAP während der Gärung: In Gärversuchen mit synthetischen Nährlösungen wird bei der Vergärung eines Mediums mit Reinzuchthefen, wobei Tryptophan als einzige Stickstoffquelle dient, AAP gebildet (RAPP ET AL. 1995, CIOLFI ET AL. 1995). Die Konzentrationen an Tryptophan in Niagara unterschieden sich bei den hier dargestellten Ergebnissen nicht signifikant von denen in Müller-Thurgau. Somit konnte aufgrund der Konzentration an Tryptophan im Most nicht auf die Bildung von AAP während der Gärung geschlossen werden. Die aus dem Hefestoffwechsel stammenden Konzentrationen an AAP lagen, mit Ausnahme bei Tryptophan als einziger Stickstoffquelle, deutlich unter den Konzentrationen, die im Wein die unerwünschte Aromate hervorrufen können (RAPP ET AL. 1995). RAPP UND VERSINI (1995) erachten diese Ergebnisse als Hinweis dafür, dass die Hefegärung keine bzw. nur eine untergeordnete Rolle für die Bildung von AAP besitzt. Auch DOLLMANN ET AL. (1996) sehen Tryptophan nicht als Vorläufer von AAP. Sie weisen vielmehr Kynurenin eine entscheidende Rolle in der Entstehung von AAP zu. GEBNER ET AL. (1996) konnten dagegen Kynurenin in der Rolle als Vorstufe von AAP nicht bestätigen. Gemäß Ihren Untersuchungen erfolgt weder nach Zusatz von Tryptophan noch von Kynurenin zum Most eine signifikante Bildung von AAP. Sie weisen vielmehr der IES eine Schlüsselrolle in der Entstehung von AAP zu. Allerdings bleibt bei ihren Untersuchungen offen, ob AAP bereits während der alkoholischen Gärung oder erst nach Abschluss der Gärung infolge der anschließend durchgeführten Schwefelung gebildet wurde.

Bei der Testvergärung eines synthetischen Mangelmediums mit Zusatz von IES und IES-Ethylester zeigte sich bei allen Varianten eine Freisetzung von AAP direkt nach der alkoholischen Gärung (HÜHN ET AL. 1999). Bei der Vergärung eines Mostes unmittelbar nach Gärende konnten nur sehr geringe Konzentrationen an AAP gefunden werden, während

nach SO₂-Stabilisierung und 6-monatiger Lagerung der Weine AAP nachgewiesen wurde (Hühn et al. 1999). Bei den in der Arbeit von HOENICKE ET AL. (2002) durchgeführten Modellstudien konnte eine fermentative Bildung von AAP aus Tryptophan bzw. Kynurenin und IES nicht gezeigt werden. So kommt HOENICKE (2002) aufgrund Ihrer Ergebnisse zum Schluss, dass die geringe Bildung von AAP bei der Gärung mit der Beobachtung übereinstimmt, dass AAP in Mosten und ungeschwefelten Jungweinen nicht nachweisbar ist (GEBNER ET AL. 2000) und UTA normalerweise erst wenige Monate nach der Flaschenfüllung auftritt (CHRISTOPH ET AL. 1998).

Die Bildung von AAP während der Gärung bei Niagara aus Trauben des Gefäßversuchs durch IES wäre denkbar, da die Gesamt-IES während der Gärung abnahm (Abb. 4-64, Abb. 4-68) und somit freie IES zur Verfügung stehen würde. Aufgrund der beschriebenen Gärversuche mit *Vitis vinifera*-Mosten ist eine Umsetzung von IES zu AAP während der Gärung möglich, jedoch lag AAP immer unter der Geruchsschwelle (HOENICKE et al. 2002, HÜHN et al. 1999). Nach RAPP UND VERSINI (1996) können Konzentrationen an AAP < 0,3 µg/l als normal für *Vitis vinifera* angesehen werden. Allerdings bleibt die Frage offen, ob diese Konzentrationen bei *Vitis vinifera* während der Gärung entstehen oder erst während der Lagerung gebildet werden.

Bei einem Zusatz von Gramin (ein Alkaloid) zu Traubensaft entstanden hohe Konzentrationen an AAP, wobei kein Abbau von Gramin beobachtet werden konnte. Gramin konnte jedoch in Traubenmost nicht gefunden werden (HÜHN 2004). Bei Stress kommt es bei Gerste zu einem Anstieg an Gramin (HANSON ET AL. 1983, MATSUO ET AL. 2001). Bei einer Inokulation von Gerste-Pflanzen mit Mehltau oder mechanischer Verletzung erhöht sich die Konzentration an Gramin in kurzer Zeit. Zwischen der Bildung von Gramin und der Resistenz gegen Mehltau in Gerstenblättern wurde eine Korrelation festgestellt (MATSUO ET AL. 2001). Bei *Vitis labruscana* ist im Vergleich zu *Vitis vinifera* die gute Resistenz gegen Falschen Mehltau (*Plasmopara viticola*) und Echten Mehltau (*Oidium tuckeri*) zu beobachten. Für diese Abwehr könnten Substanzen ähnlich dem Gramin verantwortlich sein, die im Wein bei der Gärung zu einer Bildung von AAP führen.

Die Vermutung liegt nahe, dass unter gewissen Stressbedingungen bei *Vitis vinifera* diese Substanzen auch gebildet werden und dadurch schon während der Gärung AAP entsteht. Zusammen mit dem AAP, das während der Lagerung des Weines auf chemischem Weg

entsteht, könnte es zu Konzentrationen des Aromastoffs im Wein kommen, die einen Fehlton auslösen.

Lagerung

In *Vitis vinifera* erscheint UTA im Jungwein oft schon wenige Monate nach der Gärung (RAPP 1995, CHRISTOPH ET AL. 1998) und die AAP-Bildung kann auch nach Jahren der Lagerung noch kontinuierlich zunehmen (RAPP ET AL. 1998).

Bei den Niagara-Weinen war in den Jahren 2006, 2007 und 2008 nach Gärung und Schwefelung bis zur Füllung ein starker Anstieg der AAP-Konzentration zu beobachten (Abb. 4-48, Abb. 4-68). Die unterschiedliche Behandlung hatte weder bei Niagara noch bei Müller-Thurgau einen signifikanten Einfluss auf die AAP-Konzentration nach der Füllung. Während der Lagerung der Weine im Verlauf eines Jahres war kein weiterer Anstieg der AAP-Konzentration zu beobachten (Abb. 4-48).

Die mögliche Bildung von AAP nach der Gärung durch Cooxidation von IES nach Schwefelung der Weine muss diskutiert werden.

Bei der Sorte Niagara lag im Vergleich zu Müller-Thurgau nach der Gärung signifikant mehr freie IES und Gesamt-IES vor (Abb. 4-62, 4-64). Durch die unterschiedliche Behandlung war weder bei Müller-Thurgau noch bei Niagara ein signifikanter Unterschied zu beobachten. Zwischen dem Termin nach Gärung bis nach der Füllung war bei der Sorte Niagara in allen drei Jahren eine Abnahme der freien IES und Gesamt-IES zu beobachten (Abb. 4-61, 4-63). Hier wäre die Bildung von AAP aus IES möglich. Im Heferversuch mit Niagara war beim Jahrgang 2007 keine Veränderung der freien und Gesamt-IES vom Zeitpunkt nach der Gärung bis zur Abfüllung zu beobachten. Eine Bildung von AAP aus IES ist hiermit nur schwer zu erklären (Abb. 4-68).

Um die mögliche Bildung von AAP bei Müller-Thurgau und Niagara zu vergleichen, wurde der Termin nach der Gärung bis zum Zeitpunkt nach Lagerung herangezogen, da bei Müller-Thurgau AAP nur nach der Lagerung des Weines quantifiziert wurde. Der Zusammenhang zwischen freier IES/Gesamt-IES nach Gärung und AAP nach Lagerung war bei den Sorten Niagara und Müller-Thurgau gering. Zwar zeigte sich bei Niagara zwischen Gesamt-IES und AAP ein signifikanter Zusammenhang (Abb. 4-66, Tab. 4-57). Doch dies ist ein Jahrgangseffekt. In den einzelnen Jahren ist kein signifikanter Zusammenhang zu erkennen. Wenn mehr Gesamt-IES im Wein vorlag, konnte bei beiden Sorten eine stärkere

Abnahme von Gesamt-IES beobachtet werden, doch diese wurde nicht zu AAP umgesetzt. Die Ursache hierfür ist, dass jeder Wein seine eigene Umsatzrate hat (siehe Kapitel 5.2). Auffallend war, dass die Umsatzrate bei Niagara signifikant über der Umsatzrate von Müller-Thurgau lag (Abb. 4-66).

Somit ist bei Niagara wie bei Müller-Thurgau die Konzentration an IES oder die Abnahme an IES während der Lagerung nicht maßgeblich für die Bildung an AAP verantwortlich. Bei Niagara führte ein hohes antioxidatives Potential nicht zu einer geringeren Bildung von AAP. Trotz eines hohen antioxidativen Potentials wurde nicht weniger Gesamt-IES abgebaut und auch die Umsatzrate wurde durch ein hohes antioxidatives Potential nicht verringert (Abb 4-67).

Ob die Bildung von AAP während der Lagerung des Weines bei Niagara tatsächlich auf Cooxidation zurückzuführen ist, kann nicht schlussendlich beantwortet werden. Aufgrund der Ergebnisse wäre es möglich. Jedoch sind die Umsatzraten bei Niagara deutlich höher, als bei Müller-Thurgau (Abb. 4-66, 4-67).

Entwicklung von Anthranilsäuremethylester während der Weinbereitung

Most

Beim Jahrgang 2008 konnten nach dem Abbeeren 230 µg/L und im Most nach Entschleimen 57 µg/L Anthranilsäuremethylester (ASME) ermittelt werden. Beim Jahrgang 2007 lagen die ASME-Konzentrationen im Most bei 120 µg/L (Abb. 4-68). SHURE UND ACREE (1994) fanden in Concord-Trauben 700 µg/kg und ACREE ET AL. (1990) im Saft von Niagara-Trauben 245 µg/L ASME. Einige Studien (FULEKI 1972, RAPP UND RINGLAGE 1989) zeigten, dass die Konzentration an ASME mit der Beerenreife zunimmt.

Gärung und Lagerung

Eine ähnliche Entwicklung wie bei AAP zeigte sich bei ASME, die bei der Sorte Niagara maßgeblich zum Aroma beiträgt (SHURE UND ACREE, 1994).

Der Verlauf von ASME ist in Abb. 4-69 zu verfolgen. Während der Gärung und auch bis zur Abfüllung war ein stetiger Anstieg der ASME-Konzentration zu beobachten. Im Jahrgang 2007 waren im Wein nach der Füllung 4000 µg/L und im Jahr 2008 570 µg/L ASME zu finden. RAPP ET AL. (1998) fanden in Niagara-Wein 180 µg/L und NELSON ET AL. (1977) in Wein aus Niagara je nach Jahrgang zwischen 600 bis 3000 µg/L. Weiterhin ist in Abb. 4-

68 zu erkennen, dass parallel zu ASME auch die Konzentration an Anthranilsäure anstieg. In Müller-Thurgau lagen die Konzentrationen an Anthranilsäure deutlich unter denen in Niagara (bis zu 20 µg/L nach Lagerung). Hohe Konzentrationen an Anthranilsäure in *Vitis labruscana* wurden bereits von WANG UND DE LUCA (2005) nachgewiesen. Durch die hohen Konzentrationen in der Traube ist die Bildung von ASME in der Traube erst möglich. Außerdem ist in *Vitis labruscana* das Enzym Alkohol-Acyltransferase enthalten, das für die Bildung von ASME verantwortlich ist. Dieses Enzym wurde in *Vitis vinifera* nicht gefunden (WANG UND DE LUCA 2005). In *Vitis vinifera* liegen die Konzentrationen von ASME deutlich unter der Geruchsschwelle (100 µg/L) und tragen auch in fehlerhaften Weinen nicht zum Aroma bei (CHRISTOPH ET AL. 1995). Die höchste Konzentration bei Müller-Thurgau im Gefäßversuch lag bei 0,6 µg/L (Abb. 4-44).

Die Bildung von ASME in der Hefe ist nicht bekannt. Den Einfluss unterschiedlicher Hefen auf die Bildung von ASME konnten HÜHN ET AL. (1996) zeigen. Es ist davon auszugehen, dass eine Veresterung zwischen Anthranilsäure und Methanol, das in *Vitis labruscana* in hohen Konzentrationen auftritt (LEE ET AL. 1975), stattfindet. Auffällig ist der gute Zusammenhang zwischen der Entwicklung von ASME und AAP während der Weinbereitung (Tab. 4-45, Abb. 4-68).

Der Aromastoff Skatol war bei Niagara im Vergleich zu Müller-Thurgau nicht signifikant erhöht (Abb. 4-41). Indol war bei Niagara signifikant höher als bei Müller-Thurgau (Abb. 4-42). Jedoch waren die Konzentrationen im Wein so gering, dass sie weit unter der Geruchsschwelle von 15 µg/L lagen.

Zusatz von Ascorbinsäure

In Modellversuchen kann durch Zusatz von Ascorbinsäure bei der Sorte Müller-Thurgau die Bildung von AAP verhindert werden. Überraschenderweise konnte bei den Gefäßversuchen ein Zusatz von Ascorbinsäure zu Niagara (Abb. 4-70) sowohl bei natürlicher als auch bei künstlicher Alterung durch Warmlagerung die Bildung von AAP nicht unterbunden werden. Hier wäre es möglich, dass bei Niagara ein anderer Stoffwechselweg vorliegt, der nicht in Zusammenhang mit IES steht. Legt man diese Annahme zugrunde, könnte es auch sein, dass dieser Vorgang unter Umständen auch bei *Vitis vinifera* abläuft.

Auf der anderen Seite wäre es denkbar, dass Weine der Sorte Niagara sehr viele Superoxidradikale bilden. Diese sind dann in der Lage, aus IES während der Lagerung des Wei-

nes AAP zu bilden. In der hier vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass ein Zusatz von 300 mg/L Ascorbinsäure die Bildung von AAP bei Niagara nicht unterbinden konnte. Die Vermutung liegt nahe, dass Niagara während der Lagerung so viele Radikale bildet, dass ein Zusatz von 300 mg/L Ascorbinsäure nicht ausreicht, um diese abzufangen und somit die radikalische Oxidation von IES nicht verhindert werden kann.

5.4 Die Zunahme von abiotischem Stress führt zu UTA-ähnlichen Fehltonen

Zusammenhang zwischen UTA und AAP

Bei der sensorischen Beurteilung der Weine aus den Gefäßversuchen auf UTA war der Zusammenhang zwischen AAP und UTA sehr gering. Dies war auch nicht anders zu erwarten, da die AAP-Konzentrationen für eine deutliche UTA-Ausprägung zu niedrig waren. Eine Ausnahme waren die Weine mit hoher Düngung (N2), bei denen ein signifikanter aber geringer Zusammenhang ($r^2 = 0,15$) zwischen AAP und UTA gefunden werden konnte.

Auffallend war, dass immer wieder Weine mit UTA angesprochen wurden, die allerdings eine AAP-Konzentration unter dem Schwellenwert aufwiesen (Abb. 4-38). Weiterhin wurden viele Weine hoch mit dem Attribut Fehleraroma bewertet (Abb. 4-33), was zeigt, dass die Weine sensorische Defizite aufzeigen.

Wie in der Literatur beschrieben (FISCHER UND SPONHOLZ 2000) zeigte sich auch bei den Weinen aus den Gefäßversuchen, dass Weine, die hoch mit UTA bewertet wurden, eine geringe Bewertung beim Attribut Frucht erhielten. Der Zusammenhang war signifikant und zeigte ein Bestimmtheitsmaß von 0,2 (Tab. 4-37). Ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang war zwischen dem Attribut UTA und der Harmonie des Weines zu beobachten. Der Zusammenhang war negativ und signifikant ($r^2 = 0,22$). Die Beschreibung, dass UTA-Weine zu Bitterkeit neigen (FISCHER UND SPONHOLZ 2000, SCHWAB UND PETERNEL, 2001) konnte auch bei den hier vorgestellten Werten beobachtet werden. Der Zusammenhang zwischen Bitterkeit und UTA war mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,07 gering, aber signifikant.

Die Ergebnisse des Freilandversuchs bestärken die Ergebnisse aus dem Gefäßversuch. Die Weine der frühen Lese der Stressanlage wiesen AAP in Konzentrationen weit unter der

Geruchsschwelle auf und wurden als UTA-Weine bewertet. Bei dem Wein aus später Lese war dieser Eindruck viel geringer (Abb. 4-71).

Diese Ergebnisse wurden durch Weine aus Betrieben und Versuchsweinen (unabhängig von den Versuchen in dieser Arbeit) ($n = 14$, Tab. 4-69), die sensorisch mit UTA bewertet wurden, jedoch kein AAP über der Geruchsschwelle zeigten, bestätigt. Dass Weine ohne erhöhte Konzentrationen an AAP auch UTA zeigen können wurde in der Literatur mehrfach angedeutet (LINSENMEIER 2007, HENICK-KLING ET AL. 2008, CHRISTOPH ET AL. 1995, SEITER 2000, SPONHOLZ ET AL. 2001, HOENICKE 2002, KITTEL ET AL. 2003).

Auf die Problematik, dass die als UTA angesprochene Aromausprägung sehr vom Prüfer abhängig ist, wird in der Literatur hingewiesen (RAPP UND VERSINI 2002, RAUHUT UND KÜRBEL 2002). Dabei treten gleich zwei Probleme auf. Zum einen gibt es bei der sensorischen Bestimmung von UTA mit AAP eine große Schwankungsbreite und zum anderen werden zwei unterschiedliche Richtungen von UTA beschrieben.

Die eigenen Ergebnisse, die den Zusammenhang zwischen steigenden Konzentrationen an AAP (0–1,7 $\mu\text{g/L}$) und der UTA-Intensität zeigen (Abb. 4-39) machen deutlich, dass es eine große Schwankungsbreite zwischen den Verkostern gab. Es ist zwar ein Regressionskoeffizient von 0,4 über alle Prüfer berechnet zu beobachten, der aber deutlich macht, welche Fehler bei einer UTA-Verkostung auftreten können. Auch die Ergebnisse von CHRISTOPH ET AL. (1995) zeigen eine große Schwankungsbreite zwischen den Prüfern bei der Verkostung von AAP dotierten Weinen. Zwar war der Zusammenhang in dieser Arbeit höher ($r^2 = 0,67$), dies könnte jedoch durch den maximalen Zusatz von 4 $\mu\text{g/L}$ erklärt werden.

In der Literatur wurden schon vielfach sensorische Unterscheidungen bei der Beschreibung von UTA aufgezeigt. AAP zeigt das typische Aroma von Akazienblüte oder Hybridton (ACREE ET AL. 1990, FISCHER ET AL. 2000). Viele Weine zeigen jedoch auch Aromen von nassem Lappen, Mottenkugeln und Möbelpolitur, was nicht zwingend typisch für das Aroma von AAP ist (FISCHER UND SPONHOLZ 2000, AMANN ET AL. 2001, FISCHER ET AL. 2000). Auch POHL (1992) spricht von zwei Arten von Fehltönen. Die Weine, die UTA zeigen ohne jedoch erhöhte Konzentrationen an AAP aufzuweisen, neigen eher zu den Attributen nasser Lappen, Mottenkugeln oder Möbelpolitur als zu den blumigen Aromen.

RAPP et al. (2002) erachten eine Analytik von AAP zur Bestimmung des Fehltons als notwendig, während GEBNER ET AL. (1995) erwähnen, dass zur Feststellung der UTA-Intensität die sensorische Methode den analytischen Methoden aus Kostengründen vorzuziehen ist.

Sie schlagen zur sensorischen Beurteilung des UTA-Potentials von Jungweinen das Diagnoseverfahren Würzburger UTAFIX-Test vor (GEBNER ET AL. 1999 a, b, GEBNER ET AL. 2000, KÖHLER ET AL. 2001). Dabei werden eine Probe mit SO₂ und Ascorbinsäure und eine Probe nur mit SO₂, drei Tage bei 37–45°C warm gelagert. Neigt der Wein ohne Ascorbinsäurezusatz zu UTA, sollte diesem, Ascorbinsäure zur UTA-Vermeidung zugesetzt werden. Von einer generellen Ascorbinsäurezugabe zum Wein wurde abgeraten, sondern nur die zu UTA neigenden Wein sollten mit Ascorbinsäure behandelt werden (GEBNER ET AL. 1999, GEBNER 2000, NEUBERT UND KÖHLER 2001).

Bei den aus dem Gefäßversuch stammenden Müller-Thurgau-Weinen wurde kein Zusammenhang zwischen dem Attribut UTA nach einer künstlichen Alterung des Weines und der UTA-Bewertung nach einer natürlichen Alterung des Weines gefunden. Es konnte weder in den einzelnen Jahren noch über alle Jahre hinweg ein signifikanter Zusammenhang gefunden werden (Tab. 4-37, Abb. 4-38, Abb. 4-35).

In vielen Arbeiten wurden immer wieder Weine aus gestressten Anlagen – Nährstoffmangel, Wassermangel, frühe Lese, hohe Erträge – beschrieben, die UTA aufwiesen. Oftmals wurden die Weine jedoch nur sensorisch beurteilt und eine Analyse von AAP nicht durchgeführt. Somit ist es möglich, dass diese Weine UTA-Attribute zeigten, ohne AAP in sensorisch wahrnehmbaren Konzentrationen zu enthalten.

Die eigenen Ergebnisse aus dieser Arbeit und die Ergebnisse aus der Literatur weisen darauf hin, dass es neben der auf AAP basierenden UTA-Ausprägung ein UTA ähnlicher Fehlton auftritt, der nicht auf den Aromastoff AAP zurückzuführen ist. Aus diesem Grund wäre es unter Umständen sinnvoll, in Zukunft eine Differenzierung der unterschiedlichen Fehltöne vorzunehmen.

- UTA sollte die Bezeichnung für Weine sein, die erhöhte Konzentrationen an AAP aufweisen.
- Die andere Ausprägung des UTA-ähnlichen Fehltons sollte die Bezeichnung „Stress-ton“ erhalten. Die Aromastoffe, die sich dahinter verbergen, sind nicht bekannt.

Die unterschiedliche aromatische Ausprägung von UTA führte immer wieder zu der Vermutung, dass neben AAP weitere verursachende Fehl aromen beteiligt sind (CHRISTOPH ET AL. 1995, SPONHOLZ ET AL. 2001, FISCHER UND SPONHOLZ 2000, SEITER 2000, RAUHUT UND KÜRBEL 2002, SPONHOLZ 2002, JAKOB 1993, AMANN ET AL. 2001).

Mögliche UTA-ähnliche Aromastoffe

Es werden in der Literatur mehrere Vorschläge für weitere UTA-verursachende Substanzen gemacht. Von CIOLFI ET AL. (1995) wurde neben AAP auch Aminopropiophenon und 3-O-Aminophenylpropen-3-on gefunden, allerdings wurde der Einfluss auf die UTA-Ausprägung nie überprüft.

Anthranilsäuremethylester verursacht in *Vitis labruscana* den Hybridton (ACREE ET AL. 1990). Im Wein liegt dieser Aromastoff bei einer Geruchsschwelle von 100 µg/L, wobei diese Konzentrationen in UTA behafteten Weinen nicht gefunden werden kann (CHRISTOPH ET AL. 1995). Die Weine aus diesem Versuch wiesen Konzentrationen bis max. 1,4 µg/L auf (Abb. 4-25, 4-16). Es ist davon auszugehen, dass diese Konzentration nicht ausreicht um den Fehlton UTA auszulösen.

Der Aromastoff Indol hat negative, mit dem AAP vergleichbare, sensorische Eigenschaften (CHRISTOPH ET AL. 1995). Bei GEBNER ET AL. (1995) konnte selbst eine hohe Dotierung von 500 µg/L Indol nicht zu einer UTA-Note führen. Die Geruchsschwelle im Wein liegt bei 100 µg/L, während die im Wein gefundenen Konzentrationen bei max. 15 µg/L lagen (CHRISTOPH ET AL. 1995). Andere Autoren (AREVALO-VILLENA ET AL. 2010, CAPONE ET AL. 2010) berichteten von einer Geruchsschwelle bei Indol von 23 µg/L. Weine, die eine Konzentration an Indol über dieser Konzentration aufwiesen, zeigten den Fehlton „plastic-like“ off flavour (AREVALO-VILLENA ET AL. 2010, CAPONE ET AL. 2010). In den in dieser Arbeit untersuchten Weinen konnte keine Indolkonzentration in dieser Höhe gefunden werden. Das Maximum lag bei 1 µg/L (Abb. 4-24, 4-15).

Ein weiterer Aromastoff, der mit UTA in Verbindung gebracht wurde, ist Skatol. Skatol, dessen Geruchsschwellen in Sonnenblumenöl (15,6 µg/kg) und auf Stärke (0,23 µg/kg) bestimmt worden sind, spielt eine Rolle im Aroma von Emmentaler-Käse und verursacht einen Aromafehler bei weißem Pfeffer (BELITZ ET AL. 2008). Die Geruchsschwelle für Skatol liegt nach LINSSENMEIER (2007) in Wein bei 3 µg/L. Diese Konzentrationen werden jedoch im Wein nicht erreicht (RAUHUT ET AL. 2007). Andere Autoren führen jedoch aus,

dass Skatol auch in geringen Konzentrationen den UTA-Eindruck unterstützen kann (HÜHN ET AL. 1999, SPONHOLZ UND HÜHN 2001, HÜHN ET AL. 2002). In dieser Arbeit konnten nur geringe Konzentrationen an Skatol im Wein gefunden werden. Es ist davon auszugehen, dass diese zu gering waren, um einen Fehlton zu verursachen.

Von HENICK-KLING ET AL. (2008) wurde berichtet, dass bei Riesling Trimethyldihydronaphtalin (TDN) besser mit UTA als mit AAP korreliert. Dies kann aus den Ergebnissen von LINSSENMEIER (2007) und LINSSENMEIER UND LÖHNERTZ (2007) nicht bestätigt werden. Die Weine, mit hoher UTA-Ausprägung (LINSSENMEIER 2007) wiesen jedoch wenig TDN auf, was ebenfalls aus der Arbeit von LINSSENMEIER und LÖHNERTZ (2007) hervorgeht. CHRISTOPH ET AL. (1995) konnten keinen Zusammenhang zwischen TDN und UTA finden.

Böckseraromen (Schwefelhaltige Aromastoffe) in Stickstoffmangelmosten traten oftmals zusammen mit UTA-Aromen auf (SPONHOLZ UND HÜHN 2001). Tatsächlich konnte bei Stickstoffmangel die Neigung zu Böckseraromen im Wein gezeigt werden (RAUHUT 1996, BERNATH 2001). RAUHUT UND KÜRBEL (2002) konnten in Zusammenhang mit UTA auch den Aromastoff Methional nachweisen. Nach ESCUDERO et al. (2000) ist Methional auch am typischen Aroma oxidierten Weine beteiligt. VERSINI und LUNELLI (2002) konnten in Sekten mit und ohne UTA Methional bestimmen. Bei LINSSENMEIER (2007) gab es keinen Zusammenhang zwischen der AAP-Konzentration im Wein und Methional.

Die Hypothese, dass AAP die alleinige UTA-auslösende Substanz ist, muss konsequent verworfen werden. Weine, die AAP über der Geruchsschwelle aufweisen ($>0,7 \mu\text{g/L}$), werden je nach Matrix auch als UTA-Weine erkannt, wenn AAP nicht durch andere Aroma- oder Inhaltsstoffe maskiert wird, was bei jungen und gehaltvollen Weinen der Fall sein kann (KÖHLER ET AL. 1995, LINSSENMEIER ET AL. 2007). Sensorisch werden jedoch immer wieder Weine mit UTA angesprochen, die kein AAP über der Geruchsschwelle aufweisen. Dieser Weinefehler sollte als „Stresston“ bezeichnet werden. Die Aromastoffe, die hinter diesem Fehlton stecken, sind völlig unbekannt. Vielleicht spielen (E)-2-Alkenale bei diesem Fehlton eine Rolle. CULLERE ET AL. (2007) konnten zeigen, dass eine Mischung von (E)-2-Alkenalen in Weißwein zu einem Geruch nach Papier und nassem, altem Holz führte. Auch sollte weiterhin untersucht werden, ob eine Differenzierung zwischen UTA mit AAP und einem „Stresston“ ohne AAP möglich ist. Hier besteht dringend weiterer Forschungsbedarf.

Weinbauliche und klimatische Einflüsse auf die Bildung von UTA und „Stresston“

Im Folgenden soll eine mögliche Erklärung und Unterscheidung für die Bildung von UTA und einem „Stresston“ in Weißwein diskutiert werden. Zuerst werden nochmals die Ursachen für die AAP Bildung kurz zusammengefasst und anschließend die möglichen Ursachen für die Bildung eines „Stresstons“ erläutert.

Einflüsse auf die Bildung von AAP

Die Ursachen für die Bildung von AAP wurden in Kapitel 5.1 diskutiert und sind nochmals in Abb. 5-1 zusammengefasst. Der Hauptfaktor scheint Wasserdefizit bei Reifebeginn zu sein. Dies ist besonders bei der Düngestufe N2 zu beobachten. Ob hier eine Bildung von AAP während der Gärung möglich ist, kann aus den Ergebnissen dieser Arbeit nicht geklärt werden, wäre aber durchaus denkbar (siehe Kapitel 5-3). Auch die Bildung bei geringer Düngung (N1) und Trockenheit bei Reifebeginn kann zu erhöhten Konzentrationen an IES führen, die dann während der Lagerung des geschwefelten Weines zu erhöhten Konzentrationen an AAP abgebaut werden (Kapitel 5-2).

Ein Punkt, der in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt wurde, ist der Einfluss des Lesezeitpunktes auf die Bildung von AAP und UTA. Bei dem Fehlton UTA wird eine frühe Lese als einer der Hauptfaktoren für die Bildung von UTA dargestellt (WOHLFARH 1993, 1994, 1995, MILTENBERGER ET AL. 1993, KÖHLER ET AL. 1995, SCHWAB ET AL. 1999). Dies führte zu der Aussage, dass ungenügende Traubenreife verantwortlich für die UTA-Entstehung ist (SCHWAB UND PETERNEL 2001 a, SCHWAB UND PETERNEL 2001 b, SCHWAB ET AL. 1999, WALG 2003). In früheren Arbeiten konnte gezeigt werden, dass eine späte Lese, selbst bei gleichen AAP-Konzentrationen, zu weniger UTA führte, da die Weine in der Regel mehr Körper aufwiesen (KÖHLER ET AL. 1995, SCHWAB ET AL. 1999). Eine frühe Lese ist der Hauptfaktor für das Auftreten von UTA.

Dies alles würde auch erklären, warum es so schwierig ist, gezielt Weine mit hohen AAP-Konzentrationen zu erzeugen. Sichtbarer Stress muss nicht zwangsläufig zu Weinen mit viel AAP führen und die Veränderung nur einzelner Faktoren muss nicht zwingend die AAP-Konzentration erhöhen. Ein entscheidender Faktor bei der Betrachtung der UTA-Problematik scheint zu sein, dass sich Stressfaktoren in der Summe addieren können, was auch schon in der Literatur erwähnt wurde (SCHWAB UND PETERNEL 2001 a, SCHWAB ET AL. 2001).

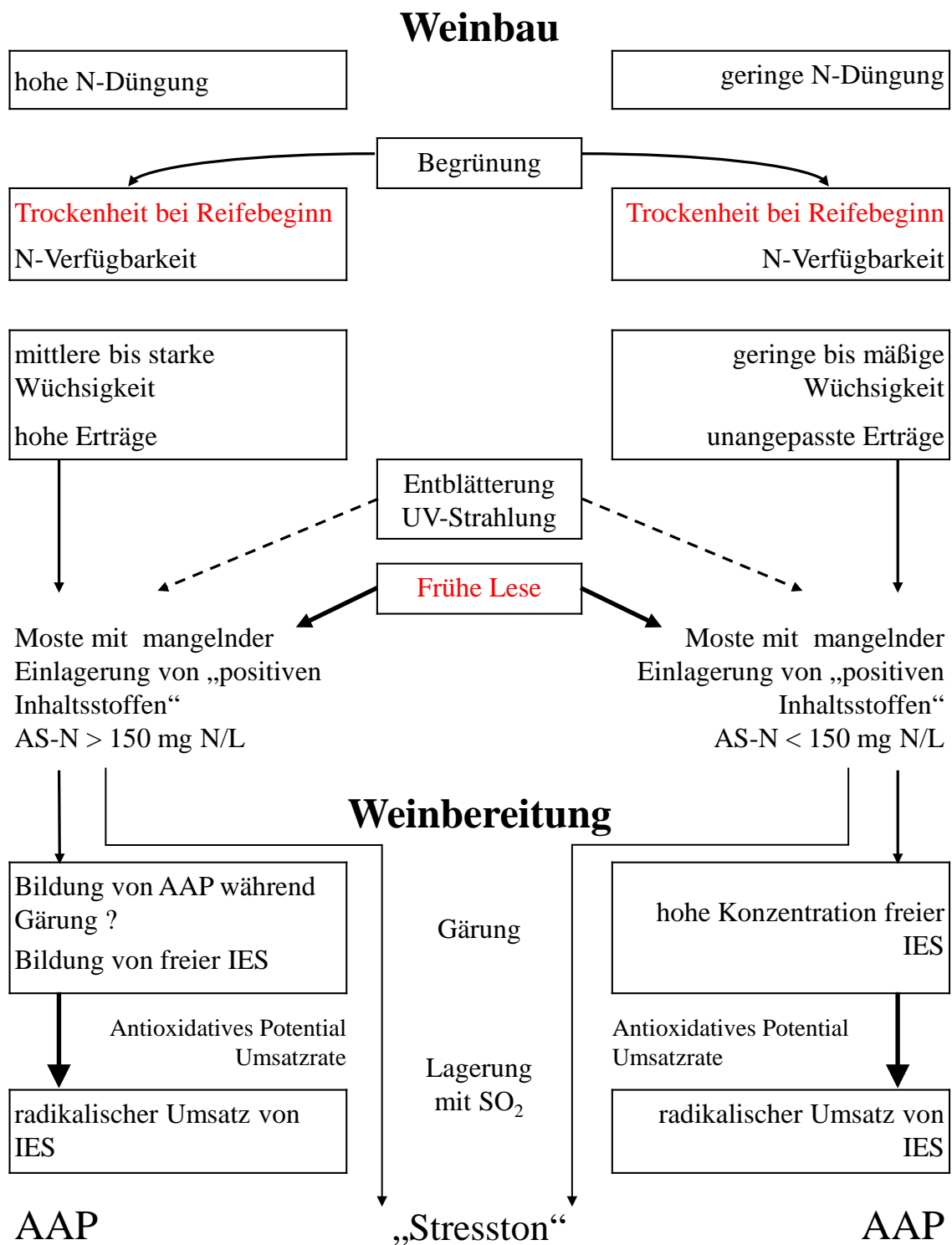


Abbildung 5-1: Mögliche Bildung von AAP und einem „Stresston“.

Einfluss einer geringen N-Düngung auf die Bildung eines „Stresstons“

Ein Mangel an Stickstoff durch geringe oder unterlassene N-Düngung erhöht die Gefahr für UTA (SCHWAB ET AL. 1996, SPONHOLZ ET AL. 2001, SEITER 2001). Nach AMANN ET AL. (2002) ist bei geringen Stickstoffkonzentrationen im Most mit deutlichen UTA-Noten zu rechnen. Die Ergebnisse aus den hier vorliegenden Versuchen können die Bildung von UTA bestätigen, jedoch war der UTA-Ton bei diesen Weinen nicht auf den Aromastoff AAP zurückzuführen (Abb. 4-71, Tab. 4-68). Auch HENICK-KLING ET AL. (2005, 2008) konnten bei ihren Versuchen an der Ostküste der USA kein AAP in UTA-Weinen finden. Sie beschrieben für das Auftreten des Fehltons hauptsächlich Stresssituationen für die Rebe. Sie stellen die Trockenheit und Stickstoffmangel in den Vordergrund. Auch LAKSO ET AL. (2002) beschrieb Trockenstress als Ursache für UTA und CHENG ET AL. (2002) stellten einen Zusammenhang zwischen Stickstoffmangel und UTA her. Auch SPRING UND LORENZINI (2006) konnten bei N-Mangel einen „Stresston“ im Wein feststellen.

Die Ergebnisse aus dem Gefäßversuch zeigten keinen Zusammenhang zwischen der Konzentration an Gesamt-AS im Most und der sensorischen UTA-Bewertung im Wein (Abb. 4-38). Beim Freilandversuch konnte eine höhere Gesamt-AS Konzentration durch eine späte Lese zu einer geringeren UTA-Bewertung führen (Tab. 4-68, Abb. 4-71). Beim Gefäßversuch zeigte sich bei der Düngestufe N1 kein signifikanter Einfluss der Bewässerung auf die Ausprägung von UTA (Tab. 4-36).

Eine erhöhte UV-B-Strahlung führte tendenziell zu einer höheren Beurteilung des Attributs Fehlton. Somit könnte eine höhere Strahlung zu einem Fehlton beitragen. Bei Riesling konnte eine Entblätterung bei Reifebeginn mehr TDN im Wein verursachen (KWASNIEWSKI ET AL. 2010). Außerdem konnte eine Entblätterung der Traubenzone zu einer geringeren Einlagerung von Stickstoff in die Traube führen (SCHULTZ ET AL. 1999).

Die Ergebnisse des Freilandversuchs zeigen, dass die Weine aus der frühen Lese stärker mit UTA bewertet wurden, obwohl sie keine sensorisch relevanten AAP-Konzentrationen aufwiesen. Es ist anzunehmen, dass auch bei der Bildung eines „Stresstons“ wie bei der Bildung von UTA die frühe Lese von nicht reifen Trauben den Hauptfaktor darstellt (ADAMS 2013).

Stickstoffmangel kann zu Stress für die Hefe führen

Nährstoffmangel im Weinberg führt zu Stress für die Mikroorganismen bei der Gärung (HÜHN ET AL. (1999 a). Sie bezeichnen diesen Zusammenhang als Stresskaskade. Infolge eines Nährstoffmangels können Stoffwechselprobleme auftreten, die dann zu Fehltonen im Endprodukt führen (BRUNOLD 1996 erweitert durch HÜHN ET AL. 1999 a, HÜHN 2004). Unterstützt wird diese Annahme aus den Ergebnissen von RAUHUT (1996), die zeigen konnte, dass bei einer mangelnden Stickstoffversorgung der Hefe Bockseraromen entstehen können. Bockseraromen können oft in Gesellschaft mit UTA auftreten (KREBS UND BÄHRMANN 2002 – 2013). Von einem Stickstoffmangel im Most kann gesprochen werden, wenn die Konzentration an Gesamt-AS unter 150 mg N/L liegt. Ab dieser Konzentration war es bei dem Gefäßversuch nicht mehr möglich, den gesamten Zucker im Most zu vergären (Abb. 4-27, 4-13). Diese Ergebnisse passen zu den in der Literatur angegebenen Konzentrationen (SPAYD ET AL. 1995, PRIOR 1997, RAPP UND FRANK 1971). Ein weiterer Indikator für Stickstoffmangel ist der Verbrauch von Prolin während der Gärung, der bei den Mosten der Düngestufe N1 des Gefäßversuchs (2007 und 2008) auftrat (Abb. 4-27). Normalerweise wird Prolin während der Gärung nicht abgebaut (PRIOR 1997, BERGER ET AL. 1999, AMANN 2001), während in anderen Arbeiten auch schon beobachtet wurde, dass Prolin bei Stickstoffmangel von der Hefe verbraucht wird (DRAWERT UND RAPP 1964, RAPP UND FRANK 1971). Im Gefäßversuch war ein sehr hoher Zusammenhang zwischen der AS-N-Konzentration im Most und der Gärdauer zu beobachten (Abb. 4-12, 4-27), was auch SABLAYROLLES UND BLATERYON (2002) feststellten.

Eine schonende Traubenverarbeitung konnte zu geringen AS-N-Konzentrationen im Most führen (SPONHOLZ UND HÜHN 2001). Bei den Ergebnissen aus dem Gefäßversuch war zu sehen, dass beim Pressen der Trauben nur ca. 25% des Gesamt-N aus den Beeren in den Most übergingen. Es war nicht klar ob sich dies auch AS-N so verhält wie bei Gesamt-N. Die Extraktion von AS-N lag jedoch im Gegensatz zu Gesamt-N bei 70-80%, was die Ergebnisse von SCHNEIDER (2011) zeigen konnten. Dies belegt, dass bei standardmäßiger Pressung die AS ausreichend extrahiert wurden.

Die Bildung von Estern während der Gärung durch die Hefe wurde beim Gefäßversuch stark durch die Gesamt-AS-Konzentration beeinflusst (Tab. 4-13), was sich mit den Ergebnissen aus der Literatur deckt (RAPP UND FRANK 1971, LINSSENMEIER ET AL. 2006). Der

Zusammenhang zwischen der Gesamt-AS-Konzentration und Diethylsuccinat ist negativ. Die Weine aus der Dünge­stufe N1 weisen mehr Diethylsuccinat auf. Normalerweise wird Diethylsuccinat als Marker für die Alterung von Weißweinen verwendet (MARAIS UND POOL 1980). Unklar ist, ob Weine aus Stickstoffmangelanlagen im Jungweinstadium immer mehr Diethylsuccinat aufweisen. Der Einfluss der N-Düngung bzw. der Stickstoffversorgung der Moste auf die höheren Alkohole ist durch mehrere Arbeiten (BIDAN 1975; OUGH UND BELL 1980; WEBSTER ET AL. 1993, LINSSENMEIER ET AL. 2006, UGLIANO ET AL. 2007) belegt. Beim Gefäßversuch konnte nur 1-Butanol durch die Konzentration an Gesamt-AS signifikant beeinflusst werden (Tab. 4-13). Durch einen Mangel an Estern, die zur Fruchtigkeit der Weine beitragen werden Fehltöne weniger überdeckt und können noch schneller zu einer negativen Bewertung des Weines führen (SCHNEIDER 2013 a). Zum Schutz vor UTA wurde eine starke Mostvorklärung (SCHNEIDER 2004) und kühle Vergärung (KÖHLER ET AL. 1995) empfohlen um aromatischere Weine zu erhalten. Jedoch wiesen BERNATH ET AL. (2004) darauf hin, dass es durch eine starke Vorklärung des Mostes zu einem weiteren Verlust an notwendigen Hefenährstoffen kommen kann, was die Bildung von UTA fördert. Eine starke Vorklärung ist bei gestresstem Lesegut nur möglich, wenn Hefenährstoffe zugesetzt werden um Stress für die Hefen zu verhindern.

Einfluss einer hohen N-Düngung auf die Bildung eines „Stresstons“

Eine Erhöhung der Stickstoffeinlagerung im Most ist sicherlich als positiv anzusehen und kann durch Steigerung der Komplexität des Weines die Qualität anheben (KANNENBERG 1993, RAPP UND VERSINI 1996, MAIGRE 1998, SEITER 2000, ZIEGLER 2002). Jedoch sollte beachtet werden, dass eine Anhebung der Stickstoffkonzentration in der Traube durch hohe N-Düngung bei gleichzeitig hohen Erträgen und möglicher Trockenheit vor allem zu Reifebeginn einen „Stresston“ auslösen kann (Abb. 5-1). Dies war beim Gefäßversuch bei der Variante „N2 feucht-trocken“ zu beobachten. Diese Variante wurde tendenziell höher mit UTA und im Vergleich zu Variante „N2 feucht“ signifikant höher mit dem Attribut Fehlton bewertet (Abb. 4-33, 4-34). Bei der Dünge­stufe N2 lag der Zusammenhang zwischen Wasserangebot nach dem Weichwerden und UTA bei $r^2 = 0,22$ und war signifikant (Tab 4-37). Die Variante „N2 feucht-trocken“ ist anfällig für beide Fehltöne, sowohl UTA mit AAP als auch einen „Stresston“ ohne erhöhte Konzentrationen an AAP. Zu erklären ist damit auch, warum in den Trockenjahren beide Fehltöne entstehen können. Ein hoher Ertrag bei ausreichender Wasserversorgung führte nicht zu einem „Stresston“, was die Variante „N2 feucht“

zeigte (Abb. 4-3, Abb. 4-38). Das Risiko der Bildung eines „Stresstons“ war bei geringen Erträgen ebenso gegeben und tendenziell etwas höher als bei höheren Erträgen (Abb. 4-38).

Was hier nicht untersucht wurde, ist der Einfluss des Lesezeitpunktes bei gleichzeitig hoher N-Düngung. Es ist davon auszugehen, dass auch hier eine frühe Lese das Risiko für einen Fehlton erhöht.

Mögliche Lösung: Späte Lese und Vermeidung von Trockenheit bei Reifebeginn

Die Vermeidung von Trockenheit bei Reifebeginn und eine späte Lese sind zwei wichtige Faktoren, um Fehltonen im Wein zu vermeiden. Eine späte Lese kann die Stickstoffeinlagerung in die Traube weiter erhöhen (PRIOR 1997, LÖHNERTZ et al 1998, LAFONTAINE UND PFLIEHINGER 2013) und zusätzlich für eine Anreicherung weiterer Inhaltsstoffe (ADAMS 2013) und Aromastoffen führen (FANG UND QIAN 2006). Dies ist vor allem in Anlagen mit einer geringen Stickstoffversorgung wichtig. Eine späte Lese könnte es ermöglichen, fehlerfreie Weine zu erzeugen, selbst wenn im Most die Gesamt-AS-Konzentration nicht über 150 mg N/L steigt (Tab. 4-66, Abb. 4-71).

Bei einer hohen N-Düngung ist eine späte Lese aufgrund der Problematik *Botrytis cinerea* (MUNDY UND BERESFORD 2007, MUNDY 2008, SMIT 2008) oft nur mit großem Aufwand durch gestaffelte Lese durchführbar. Auch im Gefäßversuch war durch hohe Düngung ein höherer Befall der Trauben mit *Botrytis cinerea* zu beobachten (Abb. 4-6).

Was im Weinbau dringend notwendig wäre, ist ein einfaches Verfahren, dass die Menge an AS-N im Most abschätzen kann. HOLZAPFEL UND TREEBY (2007) fanden einen guten Zusammenhang zwischen AS-N im Most und N-Konzentrationen im Blatt. Die Ergebnisse aus dem Gefäßversuch zeigten ebenfalls gute Zusammenhänge zwischen AS-N im Most und N im Blatt bei 65° Oe oder zwischen Gesamt-AS-N und den N-Tester Werten (Tab. 4-26). Diese Ergebnisse sollten erweitert werden, um eine Möglichkeit zu entwickeln, die N-Düngung zu optimieren, um damit die Lese bei Weißwein so spät wie möglich ansetzen zu können.

6 Schlussfolgerungen

Die Ursachen für UTA oder „Stresston“ (siehe Abb. 5-1):

Eine frühe Lese erhöht das Risiko der UTA-Bildung mit AAP und ebenfalls das Risiko der Bildung eines „Stresstons“ (ohne AAP). Unreifes Lesegut ist sicherlich der Hauptfaktor für UTA (SCHWAB ET AL. 1999).

Trockenheit bei Reifebeginn stellt einen auslösenden Faktor dar, der die Bildung von UTA und einem „Stresston“ fördert.

Eine N-Düngung über 60 kg N/ha und Jahr erhöht die Gefahr der UTA-Bildung (LINSENMEIER 2007). Auch in dieser Arbeit konnte im Gefäßversuch eine hohe N-Düngung (75 kg N/ha und Jahr) tendenziell zu mehr AAP im Wein führen. Auf der anderen Seite dann die Ursache der Entstehung eines Fehltons an einer mangelnden Stickstoffversorgung der Anlage liegen.

Weinbauliche Maßnahmen, die den Stickstoff- und Wasserhaushalt beeinflussen wie Bodenbearbeitung, Begrünung und Abdeckung sind auf die Stickstoffversorgung der Anlage und den jährlichen Wasserhaushalt abzustimmen.

Zwingend notwendig wäre ein System, um die optimale Stickstoffversorgung an der Pflanze schnell bestimmen zu können, und somit eine ausreichende Konzentration an hefeverwertbarem Stickstoff im Most zu erhalten. Damit könnte eine Überversorgung der Rebe verhindert an Stickstoff vermieden und der Lesezeitpunkt bei höherer Traubengesundheit nach hinten verschoben werden.

Eine weitere weinbauliche Maßnahme, die Stresssymptome und somit das Risiko eines Fehltons erhöhen könnte, ist eine starke Entblätterung. Als Hauptursache ist diese Maßnahme jedoch nicht anzusehen. Der Zeitpunkt der Entblätterung könnte dabei eine große Rolle spielen. Darüber hinaus ist jedoch im Zusammenhang mit UTA oder „Stresston“ wenig bekannt.

Eine Prognose über das Potential eines Weines AAP zu bilden, ist schwierig zu treffen. Die Bildung von AAP war von der Konzentration an IES und von der Umsatzrate von IES zu AAP des Weines abhängig. Dabei wird die Umsatzrate vom antioxidativen Potential des Weines und von weiteren unbekannten Faktoren beeinflusst. Ein Wein mit einem hohen

antioxidativen Potential kann trotzdem eine hohe Umsatzrate aufweisen. Der Grund hierfür könnte eine stärkere Bildung von Superoxidradikalen des Weines sein.

Der Zusatz von Ascorbinsäure kann die Bildung von UTA und eines „Stresstons“ vermeiden. Dies ist jedoch eine kellerwirtschaftliche Maßnahme, die das Problem im Weinberg nicht löst.

Offen bleiben zwei Fragen:

- Wie entsteht 2-Aminoacetophenon im Wein? Der Bildungsweg wurde in der Literatur beschrieben, jedoch gibt es hier durchaus noch offene Fragen.
- Welche Aromastoffe verursachen einen „Stresston“?

Bildungsweg von AAP

In der hier vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass bei Niagara (*Vitis labruscana*) sowohl während der Gärung als auch während der Lagerung 2-Aminoacetophenon gebildet wurde. Dies stimmt mit den Aussagen aus der Literatur nicht überein, die davon ausgehen, dass 2-Aminoacetophenon in der Traube gebildet wird und sich die Konzentration während des Weinausbaus nicht mehr stark verändert. Dies deutet darauf hin, dass sowohl durch die Hefe während der Gärung, als auch bei der Lagerung auf nicht enzymatischem Weg AAP entstehen kann. In Modellstudien bei der Vergärung von Traubenmost mit Zusatz von Indolessigsäure konnten nur geringe Mengen an AAP gefunden werden (HÜHN ET AL. 1999, HOENICKE ET AL. 2002). Somit ist nicht anzunehmen, dass 2-Aminoacetophenon während der Gärung aus der Vorstufe Indolessigsäure gebildet wird.

Eine weitere **Hypothese** zur Entstehung von 2-Aminoacetophenon während der Gärung ist folgende: Bei der Vergärung von Gramin (ein Alkaloid) in Traubensaft entstehen hohe Konzentrationen an 2-Aminoacetophenon wobei kein Abbau von Gramin beobachtet werden konnte. Gramin konnte jedoch in Traubenmost nicht gefunden werden (HÜHN 2004). Bei einer Inokulation von Gerste-Pflanzen mit Mehltau oder mechanischer Verletzung erhöht sich die Konzentration an Gramin in kurzer Zeit. Zwischen der Bildung von Gramin und der Resistenz gegen Mehltau in Gerstenblättern wurde eine Korrelation festgestellt (MATSUO ET al. 2001).

Bei *Vitis labruscana* ist im Vergleich zu *Vitis vinifera* die gute Resistenz gegen Falschen Mehltau (*Plasmopara viticola*) und Echten Mehltau (*Oidium tuckeri*) zu beobachten. Für diese Abwehr könnten Substanzen ähnlich dem Gramin verantwortlich sein, die im Wein bei der Gärung zu einer Bildung von 2-Aminoacetophenon führen.

Es liegt nahe, dass unter gewissen Stressbedingungen bei *Vitis vinifera* diese Substanzen auch gebildet werden und dadurch schon während der Gärung 2-Aminoacetophenon entsteht. Zusammen mit dem 2-Aminoacetophenon, das während der Lagerung des Weines auf chemischem Weg entsteht, könnte es zu Konzentrationen des Aromastoffs im Wein kommen, die einen Fehlton auslösen.

Geklärt werden müsste folglich, ob es bei *Vitis labruscana* eine Substanz gibt, die während der Gärung zur Bildung von 2-Aminoacetophenon beiträgt. Wäre dieser Stoff identifiziert, könnte auch eine Überprüfung in *Vitis vinifera* erfolgen, inwiefern die Bildung von 2-Aminoacetophenon während der Gärung gefördert wird.

Eine weitere **Hypothese** wäre, dass *Vitis labruscana* Weine hohe Mengen an freien Radikalen bilden. Diese sind dann in der Lage aus Indoleessigsäure während der Lagerung des Weines 2-Aminoacetophenon zu bilden. In der hier vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass ein Zusatz von 300 mg/L Ascorbinsäure die Bildung von 2-Aminoacetophenon nicht unterbinden konnte, wie dies bei *Vitis vinifera* möglich ist. Möglicherweise bildet *Vitis labruscana* so viele Radikale im Weinstadium, dass ein Zusatz von 300 mg/L Ascorbinsäure nicht ausreicht, um diese abzufangen.

Ferner sollte abgeklärt werden, ob eine sehr hohe Zugabe an Ascorbinsäure die Bildung von 2-Aminoacetophenon während der Lagerung des geschwefelten Weines hemmt. Weiterhin könnte abgeklärt werden, ob *Vitis labruscana* hohe Mengen an Sauerstoffradikalen während der Lagerung bildet.

Verantwortliche Aromastoffe für den „Stresston“

Bei der Suche nach Aromastoffen, die für den „Stresston“ verantwortlich sind könnten Aldehyde eine Rolle spielen. Dabei könnten vor allem (E)-2-Alkenale in Frage kommen. CULLERE ET AL. (2007) konnten zeigen, dass eine Mischung von (E)-2-Alkenalen in Weißwein zu einem Geruch nach Papier und nassem alten Holz führte. Aldehyde könnten während der Flaschenlagerung entstehen. Hier müsste überprüft werden, ob diese Aldehyde einen Fehlton hervorrufen, der an UTA erinnert.

7 Zusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigte sich mit der Bildung des Untypischen Alterungstons bei Weißwein bei unterschiedlichen weinbaulichen Maßnahmen. Neben einem Freilandversuch wurde ein weiterer neuer Ansatz eines Gefäßversuchs mit im Freiland in die Erde eingegrabenen Großcontainern (240 L) gewählt. Dieser Versuchsaufbau ermöglichte eine gezielte und differenzierte Belichtung sowie eine differenzierte Wasser- und Nährstoffversorgung der Reben, um diese möglichen Stresssituationen gezielt auszusetzen. Gepflanzt wurden die Sorten Müller-Thurgau (*Vitis vinifera*) und Niagara (*Vitis labruscana*). Die Sorte Niagara wurde gewählt, da sie schon in der Traube die für das UTA-Aroma verantwortliche Substanz 2-Aminoacetophenon bildet. Dabei sollte beobachtet werden, ob sich die Menge an 2-Aminoacetophenon in den Trauben von Niagara durch Stresseinwirkung auf die Pflanze verändert und es Analogien zur Bildung in *Vitis vinifera* gibt.

Die Zunahme von abiotischem Stress führt zu erhöhten AAP-Konzentrationen:

Die Bildung von 2-Aminoacetophenon bei Müller-Thurgau wurde im Gefäßversuch am stärksten durch die N-Düngung beeinflusst. Bei einer Düngung mit 75 kg N/ha und Jahr stieg im Vergleich zu einer Düngung mit 25 kg N/ha und Jahr die Konzentration an 2-Aminoacetophenon an.

Stresssituationen der Rebe (Stickstoffmangel, Trockenheit, hohe UV-B-Strahlung) führten nicht zwangsläufig zu einer erhöhten Bildung von 2-Aminoacetophenon. Ein Wassermangel nach Reifebeginn der Traube führte zu erhöhten 2-Aminoacetophenonkonzentrationen. In Kombination mit erhöhter Düngung wurde dieser Effekt noch verstärkt.

Eine erhöhte Konzentration an Indoleessigsäure und ein sinkendes antioxidatives Potential im Wein führen zu einem Anstieg an AAP

Die Menge an freier Indoleessigsäure, die nach der Gärung vorlag, hatte keinen Einfluss auf die Bildung von 2-Aminoacetophenon. Ebenfalls führte eine stärkere Abnahme von freier Indoleessigsäure während der Lagerung des Weines nicht zwangsläufig zu erhöhten Konzentrationen an 2-Aminoacetophenon. Bei hohen Konzentrationen an Indoleessigsäure war es bei ausreichender Umsatzrate möglich, dass 2-Aminoacetophenon nahe der Geruchsschwelle gebildet wurde. Auch das natürliche antioxidative Potential des Weines hatte bei diesen Versuchen nur einen geringen Einfluss auf die Bildung von 2-Aminoacetophenon.

Eine Erhöhung des antioxidativen Potentials durch Ascorbinsäurezusatz zum Wein in Modelllösungen konnte die Bildung von 2-Aminoacetophenon aus Indolelessigsäure verringern.

Die Bildung von 2-Aminoacetophenon verläuft bei *Vitis labruscana* und *Vitis vinifera* identisch:

Die hier ausgewählten Stresssituationen (UV-B-Strahlung, Trockenheit) führten bei der Sorte Niagara (*Vitis labruscana*) nicht zu erhöhten Konzentrationen an 2-Aminoacetophenon. Es konnte bei der Sorte Niagara eine Bildung von 2-Aminoacetophenon während der Gärung und der Lagerung des Weines bis zur Flaschenfüllung beobachtet werden. Die Bildung von 2-Aminoacetophenon während der Gärung war bis jetzt aus der Literatur nicht bekannt. Es konnte nicht geklärt werden aus welchen Vorstufen 2-Aminoacetophenon während der Gärung gebildet wurde. Es wurde in dieser Arbeit nicht überprüft, ob eine Bildung von 2-Aminoacetophenon während der Gärung bei *Vitis vinifera* in erhöhtem Maße stattfand.

Im Gegensatz zu *Vitis vinifera* zeigte die Sorte Niagara bei Zusatz von Ascorbinsäure während der Lagerung nur eine geringe Hemmung der 2-Aminoacetophenonbildung. Wie bei *Vitis vinifera* fand im ungeschwefelten Wein eine Bildung von 2-Aminoacetophenon während der Lagerung nicht oder nur in geringem Maße statt. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass die Bildung von 2-Aminoacetophenon während der Lagerung des geschwefelten Weines bei *Vitis labruscana* wie bei *Vitis vinifera* durch Cooxidation stattfindet.

Die Zunahme von abiotischem Stress führt zu UTA-ähnlichen Fehltonen:

Weine aus einer Stickstoffmangelanlage wurden als „UTA Weine“ angesprochen, obwohl die UTA verursachende Aromakomponente 2-Aminoacetophenon fehlte. Es ist daher erforderlich einen Weinefehler, der sensorisch ähnlich beschrieben wird, zu definieren. Der Begriff „Stresston“ wird in die Diskussion eingeführt. Es sind weitere Untersuchungen zur klaren sensorischen Abgrenzung notwendig. Die für den „Stresston“ verantwortlichen Aromastoffe sind völlig unbekannt. Die Ursachen für diesen Fehlton sind denen der UTA-Bildung (mit 2-Aminoacetophenon) sehr ähnlich.

8 Summary

This dissertation deals with the formation of the atypical ageing note (ATA) in white wine under different viticultural practices. An outdoor container trial was set up where large containers (240 L) were buried in the soil. This experimental setup enables specific and differentiated water and nutrient supply of the grapevines. Together with additional radiation the plants could be specifically exposed to certain stress situations (nitrogen deficit, drought and high UV-B-radiation). The varieties Müller-Thurgau (*Vitis vinifera*) and Niagara (*Vitis labruscana*) were planted in the containers. Niagara was chosen because 2-aminoacetophenone, which is responsible for ATA, is naturally synthesized up in the grapes. The research question was to clarify whether the concentration of 2-aminoacetophenone in Niagara grapes changes under different stress situations and whether analogies could be found to the concentration in *Vitis vinifera*.

The increase of abiotic stress leads to higher ATA concentrations:

The formation of 2-aminoacetophenone in Müller-Thurgau in the container trial was most strongly influenced by the rate of nitrogen fertilization. A fertilization of 75 kg N/ha showed higher concentrations of 2-aminoacetophenone compared to a fertilization of 25 kg N/ha and year.

Not all stress situations led to a higher formation of 2-aminoacetophenone. Water deficiency after the beginning of ripening of the grapes showed higher 2-aminoacetophenone concentrations. This effect increased in combination with a high fertilization.

A higher concentration of indoleacetic acid and a declining antioxidative potential of the wine lead to an increase of ATA:

The concentration of free indoleacetic acid after fermentation had no influence on the formation of 2-aminoacetophenone. Neither did a higher reduction of free indoleacetic acid during wine storage lead to higher 2-aminoacetophenone concentrations. In wines with a high concentration of indoleacetic acid and high turnover rates concentrations of 2-aminoacetophenone near odor threshold could be reached. The natural antioxidative potential of the wines had only a low influence on the formation of 2-aminoacetophenone. An increase of the antioxidative potential through addition of ascorbic acid could reduce the transformation of indoleacetic acid to 2-aminoacetophenone.

The formation of 2-aminoacetophenone is identical in both varieties *Vitis labruscana* as well as *Vitis vinifera*:

Niagara plants exposed to higher UV-B radiation and drought did not result in wines with higher 2-aminoacetophenone concentration. A formation of 2-aminoacetophenone during fermentation and storage until bottling could be observed in wines made from Niagara grapes. The accumulation of 2-aminoacetophenone during fermentation is not mentioned in other experiments. It could not be clarified from which precursor 2-aminoacetophenone was synthesized during fermentation. This work did not prove whether 2-aminoacetophenone was additionally synthesized during fermentation of *Vitis vinifera* wines.

In contrast to wines from *Vitis vinifera* an addition of ascorbic acid to Niagara wines showed only a low inhibition of the 2-aminoacetophenone formation. Likewise to *Vitis vinifera* no or only a minor formation of 2-aminoacetophenone during storage could be observed when the wines were not sulfurized. For this reason we can assume that the formation of 2-aminoacetophenone during storage of sulfurized wines from both *Vitis labruscana* as well as *Vitis vinifera* takes place through co-oxidation.

The increase of abiotic stress leads to ATA-like off-flavor:

Wines from the nitrogen-deficient plots were detected as “ATA-wines” without having the ATA causing aroma compound 2-aminoacetophenone. Therefore it is necessary to define a wine off-flavor which is similar to ATA which was named “stress tone” in this work. More research has to be done to clearly distinguish the odor sensory. The aroma compounds which are responsible for the “stress tone” are completely unknown. The reasons for this off-flavor are similar to those of ATA.

Literaturverzeichnis

- ABEL, E. S.; 1951: Zur Theorie der Oxydation von Sulfit zu Sulfat durch Sauerstoff. Monatsh. Chem. 82, 815-834.
- ACREE, T. E., LAVIN, E. H., NISHIDA, R., WATANBE, S., 1990: o-Aminoacetophenone the "Foxy" Smelling Component of Labruscana Grapes. Woehrmann Symposium Wädenswil, Schweiz 49-52.
- ADAMS, S.; 2013: Einfluss von Lesetermin und Mostbehandlung auf die Alterung von Weißwein, am Beispiel von *Vitis vinifera* L. cv. Riesling. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen.
- AMANN, R.; SIGLER, J.; KREBS, H.; 2001: Wenig Stickstoff im Most = viel UTA? Der Badi-sche Winzer 9, 16-21.
- AMANN, R.; SIGLER, J.; KREBS, H.; 2002: Stickstoff als Qualitätsparameter? Der Deutsche Weinbau 20, 12-18.
- AREVALO-VILLENA, M. BARTOWSKY, E., J., CAPONE, D., SEFTON, M. A.; 2010: Production of indole by wine-associated microorganisms under oenological conditions. Food Microbiology 27, 685-690.
- ARNOLD, R. G., LEBBEY, L. M., DAY, E. A.; 1966: Identification of Components in the Stale Flavor Fraction of Sterilized Concentrated Milk. Journal Food Science 31, 566-573.
- BACH, H.-P.; 2005: Untypischen Alterungston vermeiden. Die Winzer-Zeitschrift 9, 32-34.
- BADER, W.; 1996: Das Rätsel um die UTA - Lösung in Sicht? Der Deutsche Weinbau 9, 16-21.
- BAEK, H. H., CADA WALLADER, K. R.; 1999: Contribution of free and glycosidically bound volatile compounds to the aroma of Muscadine Grape Juice. Journal of Food Science 64, 441-444.
- BALO, B., BRAVDO, B., MISIK, S., VARADI, G. SHOSEYOV, O., KAPTAS, T., MIKOLOS, E., MIKLOS, E., BALOGHI, I.; 1999: First experience with grapevine fertigation in Hungary. Acta Hortic. 493, 241-249.

- BANDURSKI, R. S., SCHULZE, A.; 1977: Concentration of Indole-3-acetic-acid and its derivatives in plants. *Plant Physiol.* 60, 211–213.
- BELITZ, H.-D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P.; 2008: *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Springer-Verlag Berlin.
- BERGER, S., SCHOBER, V., KORNTHEUER, K., FARDOSSI, A.; 1999: Einfluss des hefeverwertbaren Stickstoffes auf die Gärung in Mosten der Sorten Grüner Veltliner, Rheinriesling, Welschriesling und Neuburger. *Mitteilungen Klosterneuburg* 49, 117-123.
- BERLI, F. J., MORENO, D., PICCOLI, P., HESPANHOL-VIVVANA, L., FERNANDA SILVA, M., BRESSAN-SMITH, R., BRUNO CAVAGNARO, J., BOTTINI, R.; 2010: Absciscic acid is involved in the response of grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Malbec leaf tissues to ultraviolet-B radiation by enhancing ultraviolet-absorbing compounds, antioxidant enzymes and membrane sterols. *Plant, Cell and Environment* 33, 1-10.
- BERNATH, K., FLÜELER, T., HÜHN, T.; 2004: Einfluss von oenologischen Maßnahmen auf das Reifungspotenzial von Wein. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch*, Jg. 55, 248-257.
- BERNATH, K.; 2001: Böckser: Ursachen und Tipps zur Vermeidung. *Der Deutsche Weinbau* 10, 106-110.
- BIDAN, P.; 1975: Relation entre la teneur des vins en alcools supérieurs et la teneur des moûts en substances azotées en particulier en acides aminés. *Bull. O.I.V.* 48, 842-867.
- BRUNOLD, C.; 1996: Einführung. In: Brunold, Ch., Rüeeggesser, A., Brändle, R.: *Stress bei Pflanzen*. Verlag Paul Haupt, Bern, 15-33.
- BURCHARD, P.; 2001: Lösliche Phenylpropane im Primärblatt von Gerste (*Hordeum vulgare* L.) und ihre Bedeutung als UV-B-Schutzsubstanzen für die Photosynthese. Dissertation Universität Köln.
- BUTTERY, R. G., LING, L. C.; 1994: Importance of 2-Aminoacetophenone to the Flavor of Masa Corn Flour Products. *J. Agric. Food Chem.* 42, 1-2.
- BUTTERY, R. G., LING, L. C.; 1998: Additional Studies on Flavor Components of Corn Tortilla Chips. *J. Agric. Food Chem.* 46, 2764-2769.

- CALDWELL, M. M.; 1971: Solar UV irradiation and the growth and development of higher plants. In: Photophysiology. Giese, M.M. (Ed.) Academic Press, New York, 131 – 177.
- CAPONE, D. L., VAN LEUWEN, K. A., PARDON, K. H., DANIEL, M. A., ELSEY, G. M., COULTER, A. D., SEFTON, M. A.; 2010: Identification and analysis of 2-chloro-6-methylphenol, 2,6-dichlorophenol and indole: causes of taints and off-flavours in wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16, 210-217.
- CHENG, L., MARTINSON, T. HENICK-KLING, T., LAKSO, A.; 2002: Nitrogen management to improve vine N status and reduce atypical aging of wine in New York. In: 31st Annual New York Wine Industry Workshop. Henick-Kling, ed. Geneva: New York State Agricultural Experiment Station, 99-102.
- CHRISTOPH, N., BAUER-CHRISTOPH, C., GEBNER, M., KÖHLER, H. J., SIMAT, T. J., HOENICKE, K.; 1998: Bildung von 2-Aminoacetophenon und Formylaminoacetophenon im Wein durch Einwirkung von schwefliger Säure auf Indol-3-essigsäure. *Vitic. Enol. Sci.* 53, 79-86.
- CHRISTOPH, N., BAUER-CHRISTOPH, C., GEBNER, M., KÖHLER, H.J.; 1995: Die "Untypische Alterungsnote" im Wein. Teil I: Untersuchungen zum Auftreten und zur sensorischen Charakterisierung der "Untypischen Alterungsnote". *Rebe und Wein* 9, 350-356.
- CHRISTOPH, N., GEBNER, M., SIMAT, T. J., HOENICKE, K.; 1999: Off-flavor compounds in wine and other food products formed by enzymatical, physical and chemical degradation of tryptophan and its metabolites. *Adv. Exp. Med. Biol.* 467, 659-669.
- CIOLFI, G., GAROFOLO, A., DI STEFANO, R.; 1996: Identification of o-aminophenons as Secondary Metabolites of *Saccharomyces* Yeast during Fermentation by Synthetic Medium. *Vitic. Enol. Sci.* 51, 156-158.
- COX, C. D., PARKER, J.; 1979: Use of 2-Aminoacetophenon production in Identification of *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Clin. Microbiol.* 9, 479-484.
- CULLERE, L.; CACHO, J; FERREIRA, V.; 2007: An assessment of the role played by some oxidation-related aldehydes in wine aroma. *J. Agric. Food Chem.* 55, 876-881.

- CUPERUS, S.; 2002: Einfluss energieintensiver Strahlung (UV-B) auf den Gehalt an wertbestimmenden Inhaltsstoffen in Wein bei *Vitis vinifera* L., c.v. Müller Thurgau. Diplomarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- CUPERUS, S.; 2007: Influence of UV-B radiation on quality determining compounds in must and wine and suspension cell cultures of *Vitis vinifera*. Dissertation Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- DELAS, J.; 1993: Nitrogen fertilization: Influence on berry, must and wine components. *Progrès Agricole et Viticole*, 110, 139-142
- DÖHLER, G., HAGMEIER, E., DAVID, C.; 1995: Effects of solar und artificial UV irradiation on pigments and assimilation of ^{15}N ammonium and ^{15}N nitrate by macroalgae. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.* 30, 179-187.
- DOLLMANN, B. RICHLING, E., HEDERICH, M., KÖHLER, H. SCHWAB, A., SCHMITT, A., SCHREIER, P.; 1997: High performance liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry (HPLC-ESI-MS-MS) for the quantification of L-Kynurenine and indole-3-acetic acid in grape must by isotope dilution assay. *Vitis* 36, 97-101.
- DOLLMANN, B., SCHMITT, A., KÖHLER, H., SCHREIER, P.; 1996: Zur Entstehung des „untypischen Alterstons“ in Wein: Bildung von 2-Aminoacetophenon in Modellstudien mit *Saccharomyces cerevisiae*. *Vitic. Enol. Sci.* 51, 122-125.
- DRAWERT, F., RAPP, A.; 1964: Über Inhaltsstoffe von Mosten und Weinen IV: Modellgärversuche zur Unterstützung der Fuselölbildung und gaschromatographische Analyse von Fuselölalkoholen. *Vitis* 4, 262-268.
- DUBOURDIEU, D.; LAVIGNE-CRUEGE, V.; 2002: Role du glutathion sur l'évolution aromatique défectueuse des vin blancs secs. Internationale Vereinigung für Oenologie, Betriebsführung und Weinmarketing e.V., 13. Internationales Oenologisches Symposium, 332-347.
- DÜNGES, W.; 1979: Prä-chromatographische Mikromethoden. Dr. A. Hüthig Verlag, Heidelberg.
- DÜRING, H.; 1977: Analysis of abscisic acid and indole-3-acetic acid from fruits of *Vitis vinifera* L. by high pressure liquid chromatography. *Experientia*, 33, 1666-1667.

- ESCUADERO, A.; HERNANDEZ-ORTE, P., CACHO, J., FERREIRA, V.; 2000: Clues about the role of Methional as character impact odorant of some oxidized wines. *J. Agric. Food Chem.* 48, 4268-4272.
- EWART, A.; KLIEWER, W. M.; 1977: Effects of controlled day and night temperatures and nitrogen on fruitset, ovule fertility and fruit composition of several wine grape cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.* 28, 88-95.
- FAN, W., TSAI, I., QIAN, M. C.; 2007: Analysis of 2-aminoacetophenone by direct-immersion solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry and its sensory impact in Chardonnay and Pinot gris wines. *Food chemistry* 105, 1144-1150.
- FANG, Y.; QIAN, M. C.; 2006: Quantification of selected aroma-active compounds in Pinot Noir Wines from different grape maturities. *J. Agric. Food Chem.* 54, 8567-8573.
- FISCHER, U., RAUHUT, D., SCHOLTEN, G., RAPP, A.; 2000: Untypical Aging Flavor: Formation and Prevention of a Stress-induced Off-flavor in Wine. *Am. J. Enol. Vitic.*, 51, 284.
- FISCHER, U.; SPONHOLZ, R.; 2000: Die sensorische Beschreibung der Untypischen Alterungsnote. *Der Deutsche Weinbau* 3, 16-21.
- FLINT, S. D., CALDWELL, M. M.; 2003: Field testing of UV biological weighting functions for higher plants. *Physiol Plantarum*, 117, 145-153.
- FOX, R.; 1990: Stickstoffdüngung und Bodenpflege. *Der deutsche Weinbau* 45, 932-935.
- FRYDMAN, R. B., TOMARO, M. L., FRYDMAN, B.; 1971: Pyrroloxigenases: biosynthesis of 2-Aminoacetophenone. *FEBS Letters* 17, 273-276.
- FULEKI, T.; 1972: Changes in the chemical composition of Concord grapes grown in Ontario during ripening in the 1970 season. *Can. J. Plant Sci.* 52, 863-868.
- GÄRTEL, W.; 1966: Über die Düngung der Reben in intensiv bewirtschafteten Weinbaugebieten. *Weinberg und Keller* 13, 295-326.
- GEßNER M., KÖHLER, H-J., NAGEL-DERR, A. 1999 c: Damit die Nase „sauber“ bleibt. *Das Deutsche Weinmagazin* 19, 12-17.

- GEBNER, M., KÖHLER, H.J., CHRISTOPH, N.; 1999 a: Die "untypische Alterungsnote" im Wein. Teil VIII: Auswirkungen von Inhaltsstoffen und Antioxidantien auf die Bildung von o-Aminoacetophenon. Rebe und Wein 8, 264-267.
- GEBNER, M., CHRISTOPH, N., SIMAT, T.; 1998 a: Neue Erkenntnisse zur Bildung von Alterungsnoten in Wein. In: Innovationen in der Kellerwirtschaft. Intervitis-Interfructa, Stuttgart, 290-291.
- GEBNER, M., KÖHLER, H. J., CHRISTOPH, N., BAUER-CHRISTOPH, C., MILTENBERGER, R., SCHMITT, A. 1995: Die "Untypische Alterungsnote" im Wein. Teil II: Beschreibende Verkostung von UTA-Weinen; Beziehungen zwischen Sensorik und chemisch-physikalischen Analysewerten. Rebe und Wein 11, 388-394.
- GEBNER, M., KÖHLER, H. J., CHRISTOPH, N., BAUER-CHRISTOPH, C.; 1996: Die Untypische Alterungsnote im Wein. Teil VII: Untersuchungen zur Bildung von o-Aminoacetophenon aus Produkten des Tryptophan-Stoffwechsels bei der alkoholischen Gärung. Rebe und Wein 8, 251-255.
- GEBNER, M., KÖHLER, H. J., CHRISTOPH, N.; 2000: Ascorbinsäure kann bei UTA helfen. Der Badische Winzer 4, 36-40.
- GEBNER, M., KÖHLER, H.J. CHRISTOPH, N., NAGEL-DERR, A., KRELL, U. 1999 b: Die "Untypische Alterungsnote" in Wein. Teil IX: "Würzburger UTAFIX-Test": Ein einfaches Diagnoseverfahren zur Früherkennung von Weinen mit UTA-Neigung. Rebe und Wein 9, 303-296.
- GEBNER, M., KÖHLER, H.-J.; 2008: 10 Jahre Erfahrung mit Ascorbinsäure. Das Deutsche Weinmagazin 23, 12-17.
- GEBNER, M.; KÖHLER, H.J.; CHRISTOPH, N.; CURSCHMANN, K.; 1998 b: Möglichkeiten zur Vermeidung der Untypischen Alterungsnote. Der Deutsche Weinbau 18, 18-21.
- GREGAN, S. M., WARGENT, J. J., LIU, L., SHINKLE, J., HOFMANN, R., WINEFIELD, C., TROUGHT, M., JORDAN, B.; 2012: Effects of solar ultraviolet radiation and canopy manipulation on the biochemical composition of Sauvignon Blanc grapes. Aust. J. Grape and Wine Res. 18, 227-238.

- GRIMMICH, A., LÖHNERTZ, O., MUSKAT, S.; 2004: Fertigation im Weinbau - eine Möglichkeit zur Qualitätsverbesserung? Proc. 7th Int. Symp. on Quality Management in Horticulture and Viticulture, Stuttgart 11, 143-149.
- GRUBER, B., CASTELLARIN, S., LAFONTAINE, M., PETERLUNGER, E., STEINBERG, B., SCHULTZ, H. R.; 2004: Einfluss einer bedarfsgesteuerten Zusatzbewässerung auf die Inhaltsstoffbildung bei *Vitis vinifera* L. cv. Riesling. Proc. 7th Int. Symp. on Quality Management in Horticulture and Viticulture Stuttgart 11, 14-19.
- GULAN, S., ARZBERGER, U.; 2008: Quantification of 2-aminoacetophenone in white wine by headspace solid phase micro extraction and gas chromatography-mass spectrometry. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 104, 41-46.
- GUYOT, C., BOUSETA, A., SCHEIRMAN, V., COLLIN, S.; 1998: Floral origin markers of chestnut and lime tree honeys. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46, 625-633.
- HANSON, A. D., DITZ, K. M., SINGLETARY, G. W., LELAND, T. J.; 1983: Gramine accumulation in leaves of barley grown under high temperatures stress. Plant Physiol. 71, 896-904.
- HEATH, R. L., PACKER, L.; 1968: Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125, 189-198.
- HENICK-KLING, T., GERLING, C., MARTINSON, T., ACREE, T., LAKSO, A., CHIANG, L.; 2008: Studies on the origing and sensory of atypical ageing in white wines. Internationale Vereinigung für Oenologie, Betriebsführung und Weinmarketing e.V., 15. Internationales Oenologisches Symposium, 31-36.
- HENICK-KLING, T., GERLING, C., MARTINSON, T., LAILIANG, C., LAKSO, A., ACREE, T.; 2005: Atypical Aging Flavor Defect in white wines: Sensory Description, Physiological Causes, and flavor chemistry. Am. J. Enol. Vitic. 56, 4.
- HOENICKE, K., BORCHERT, O., GRÜNING, K., SIMAT, T. J.; 2002 a: "Untypical Aging Off-flavor" in Wine: Synthesis of Potential Degradation Compounds of Indole-3-acetic Acid and Kynurenine and Their Evaluation as Precursors of 2-Aminoacetophenone. J. Agric. Food Chem. 50, 4303-4309.

- HOENICKE, K., CHRISTOPH, N., SCHWAB, A., SIMAT T. J., STEINHART, H.; 2000: The untypical aging Off-Flavor (UTA) in Wine – Formation and possible preventions. Czech J. Food Sci. 18, 52-54.
- HOENICKE, K., SIMAT, T. J., GEßNER, M., KÖHLER, H. J., SCHWAB, A.; 2001 b: Mögliche Ursachen der Entstehung einer „Untypischen Alterungsnote“ (UTA) im Wein. GIT 45, 945-948.
- HOENICKE, K., SIMAT, T. J., STEINHART, H., GEßNER, M., KÖHLER, H. J., SCHWAB, A., CHRISTOPH, N.; 2001 a: Indoleessigsäure in Mosten und Weinen – Bedeutung hinsichtlich der Ausbildung einer „Untypischen Alterungsnote“ (UTA) in Wein. In: Innovationen in der Kellerwirtschaft. Intervitis Interfructa, 113-123.
- HOENICKE, K., SIMAT, T., STEINHART, H., CHRISTOPH, N., GEßNER, M., KÖHLER, H.-J.; 2002 b: Untypical aging off-flavor in wine: formation of 2-aminoacetophenone and evaluation of its influencing factors. *Alalytica Chimica Acta*, 458, 29-37.
- HOENICKE, K.; 2002: Untersuchungen zur Bildung von 2-Aminoacetophenon im Wein und Entstehung der "Untypischen Alterungsnote" (UTA). Dissertation, Universität Hamburg.
- HOLZAPFEL, B.P., TREEBY M.T.; 2007: Effects of timing and rate of N supply on leaf nitrogen status, grape yield and juice composition from Shiraz grapevines grafted to one of three different rootstocks. *Aust. J. Grape Wine Res.* 13, 14-22.
- HORNG, A. J., YANG, S. F.; 1975: Aerobic oxidation of indole3-acetic acid with bisulfite. *Phytochemistry* 14, 1425-1428.
- HÜHN, T. SPONHOLZ, W. R., BERNATH, K., FRIEDMANN, A., HESS, G., MUNO, H., FROMM, W.; 1999 b: The influence of high-energy short-wave radiation and other environmental factors on the genesis of compounds affecting the wine quality in *Vitis vinifera* L., c. v. Müller – Thurgau. *Vitic. Enol. Sci.* 54, 101-104.
- HÜHN, T. SPONHOLZ, W. R., BOTTERO, S., KALLINIKIDOU, E.; 1996: The Influence of Yeast Strains on Hybrid Aroma. *Vitic. Enol. Sci.* 51, 159-168.
- HÜHN, T., CUPERUS, S., PFLIEHINGER, M., SPONHOLZ, W.-R., BERNATH, K., PATZWAHL, W., GROßMANN, M., AMADO, R., GALLI, J., FRIEDMANN, A.; 2002: Einfluss von Umwelt- und Substrateffekten auf die Bildung von wertbestimmenden Weininhaltsstoffen. In:

- ternationale Vereinigung für Oenologie, Betriebsführung und Weinmarketing e.V., 13. Internationales Oenologisches Symposium, 313-328.
- HÜHN, T., SPONHOLZ, W. R., GROßMANN, M.; 1999 a: Freisetzung unerwünschter Aromastoffe aus Pflanzenhormonen bei der alkoholischen Gärung. *Vitic. Enol. Sci.*, 54, 105-113.
- HÜHN, T., SPONHOLZ, W. R., GAFNER, J.; 1997: Einflussfaktoren der vorzeitigen und untypischen Weinalterung. *Obst- und Weinbau* 25, 636-638.
- HÜHN, T.; 2004: Freisetzung und Bildung von Aromastoffen aus natürlichen Vorstufen durch Hefen. Dissertation, Johann Wolfgang Goethe – Universität, Frankfurt am Main.
- HÜHN, T.; CUPERUS, S.; PFLIEHINGER, M.; LANZ, S.; SPONHOLZ, W.R.; BERNATH, K.; PATZWAHL, W.; GROSSMANN, M.K.; AMADO, R.; GALLI, J.; FRIEDMANN, A.; 2003: Influence de l'environnement et des effets de substrat sur les substances déterminant la valeur du moût et du vin, *Revue des Œnologues*, 109, 41-45.
- HÜHN, T.; SPONHOLZ, W.-R.; BERNATH, K.; FRIEDMANN, A.; HESS, G.; MUNO, H.; FROMM, W.; 1999 b: The influence of high-energy short-wave radiation and other environmental factors on the genesis of compounds affecting the wine quality in *Vitis vinifera* L., c.v. Müller-Thurgau. *Vitic. Enol. Sci.* 54, 101-104.
- HÜHN, T.; 1992.: Untersuchung spezifischer Aromastoffe an Kreuzungspartnern interspezifischer Rebsorten. Diplomarbeit Justus-Liebig-Universität Giessen.
- HÜNNICKE, B., STEINBERG, B., WEBER, M., KÜRBEL, H., RAUHUT, D., LÖHNERTZ, O., SCHULTZ, H.; 2001: Einfluss einer Blattdüngung auf die Gärung und die Bildung von Weininhaltsstoffen und Fehlparfümen. 6. Int. Symposium Innovationen in der Kellerwirtschaft; Neue Oenologische Verfahren und Weinqualität, Stuttgart 2001, 60-66.
- HÜTHER, S.; 2005: Einfluss von Reinzuchthefen und verschiedenen Gärhilfs- und Behandlungsstoffen auf die Entstehung der untypischen Alterungsnote. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- JAKOB, K.; 1993: Naphtalinton - lässt er sich vermeiden? *Der Deutsche Weinbau* 13, 23.

- JANSEN, M. A. K., GABA, V., GREENBERG, M.; 1998: Higher plants and UV-B radiation: balancing damage, repair and acclimation. *Trends in plant science* 3, 131-135.
- JORDAN, B.R.; 1996: The effects of ultraviolet-B radiation on plants: a molecular perspective. *Adv Bot Res.* 22, 97-162.
- JUG, T., RUSJAN, D.; 2012: Advantages and disadvantages of UV-B radiations on grapevine (*Vitis* sp.). *Emirates J Food Agric*, 24, 576-585.
- KANNENBERG, J.; 1992: Einfluß langjähriger Stickstoffdüngung bei Reben unter Berücksichtigung von Boden-Rest-Nmin-Gehalten. *Deutsches Weinbau Jahrbuch* 42, 151-159.
- KANNENBERG, J.; 1993: Einfluß der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Weinqualität bei Blauem Spätburgunder, Teil 2. *Rebe und Wein* 12, 377-380.
- KAROGLAN, M.; HERJAVEC, S.; MASLOV, L.; JEROMEL, A.; KOZINA, B.; 2009: Nitrogen fertilization and the indole-3-acetic acid levels in Italien Riesling wine. 32nd World Congress of Vine and Wine. 7th General Assembly of the OIV, 28.6.-3.7. 2009, Zagreb, Croatia.
- KASEDA, H., NOGUCHI, T., KIDO, R.; 1973: Biosynthetic routes to 2-aminoacetophenone and 2-amino-3-hydroxyacetophenone. *J. Biochem.* 74, 127-133.
- KELLER, M., ARNINK, K.J., HRAZDINA, G.; 1998: Interaction of Nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. I. Effects in grapevine growth, fruit development, and ripening. *American Journal of Enology and Viticulture*, 49, 333-340.
- KELLER, M., ROGIERES, S.Y., SCHULTZ, H. R.; 2003: Nitrogen and ultraviolet radiation modify grapevines susceptibility to powdery mildew. *Vitis* 42, 87-94.
- KETTERN, W.; 2000: UTA-Vermeidung durch sachgerechte Kellerwirtschaft. *Die Winzer Zeitschrift* 15, 30-32.
- KITTEL, K. M., LAVIN, E. H., ACREE, T. E., MAILLARD, A.; 2003: Analysis of off-aromas in wines caused by aging. *Handbook of Flavor Characterization, Sensory Analysis, Chemistry and Physiology*. Edited by Kathryn D. Deibler and Jeannine Delwiche CRC Press 2003, 455-462.

- KLIEWER, W. M.; COOK, J. A.; 1971: Arginine and total free amino acids as indicators of the nitrogen status of grapevines. J. Amer. Soc. Hort.-Sci. 96, 581-587.
- KOCHEN, W., BYRD, D. J., BÜHNER, R., BÜHRLIN, E.; 1975 Tryptophan Stoffwechseluntersuchungen bei unbehandelten Phenylketonurikern, Z. Klin. Chem. Klin. Biochem., 13, 1-12.
- KÖHLER, H. J., CHRISTOPH, N., GEßNER, M., BAUER-CHRISTOPH, C.; 1995: Die „Untypische Alterungsnote im Wein“. III: Zusammenhänge zwischen dem Auftreten der „Untypischen Alterungsnote“ und dem Reifestadium der Trauben (Lesetermin). Rebe und Wein 12, 424–430.
- KÖHLER, H. J.; GEßNER, M.; CHRISTOPH, N.; 2001: Vermeidung der „Untypischen Alterungsnote“: Ascorbinsäure als wichtige Hilfe. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 52, 219-228.
- KÖHLER, H., CHRISTOPH, N., BAUER-CHRISTOPH, C., GEßNER, M., CURSCHMANN, K.; 1996: Die „Untypische Alterungsnote“ im Wein. V Einfluss kellerwirtschaftlicher Massnahmen auf die Ausprägung der UTA. Rebe und Wein 7, 213-218.
- KÖHLER, H.J., GEßNER, M., HERMANN, J. V.; 2008: Bedeutung der Hefeernährung für den Wein. Wichtige Aspekte. Das Deutsche Weinmagazin 18, 24-27.
- KOLB, C. A., KOPECKY, J., RIEDERER, M., PFÜNDEL, E. E.; 2003: UV screening by phenolics in berries of grapevine (*Vitis vinifera*). Func Plant Biol. 30, 1177-1186.
- KOLB, C.A., KÄSER, M.A, KOPECKY, J., ZOZT, G., RIEDERER, M., PFÜNDEL, E. E.; 2001: Effects of natural intensities of visible and ultraviolet radiation on epidermal ultraviolet screening and photosynthesis in grape leaves. Plant Physiol. 127, 863-875.
- KOSMERL, T., ZLATIC, E.; 2008: Analysis of 2-aminoacetophenone in Slovenian white wines using the stir bar sorptive extraction method with GC-NPD. 31st OIV World Congress of Vine and Wine. 6th General Assembly of the OIV, 15-20 June 2008, Verona, Italy.
- KOSMERL, T., ZLATIC, E.; 2009: Determination of 2-aminoacetophenone in wines using the stir bar sorptive Extraction method coupled with GC-MS and GC-NPD. Mitteilungen Klosterneuburg 59, 121-126.

- KREBS, H., ZIMMERMANN, T., SIGLER, J.; 2010: Önologische Versuche im Herbst 2010. Der Badische Winzer, 8, 28-31.
- KREBS, H.; BÄRMANN, E.; 1990-2013: Amtliche Prüfung von Qualitätswein und Sekt b.A. *Der Badische Winzer* 1990-2013, jeweils 2.
- KWASNIEWSKI, M. T.; VANDEN HEUVEL, J. E.; PAN, B. S.; SACKS, G. L.; 2010: Timing of cluster light environment manipulation during grape development affects C13 Norisoprenoid and carotenoid concentrations in Riesling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 6841-6849.
- LAFONTAINE, M. und PFLIEHINGER, M.: 2013: Reifeindikatoren: NOPA und Aminosäuren. Tagungsband: Geisenheimer Betriebsleitertagung Weinbau und Kellerwirtschaft, 18-21.
- LAFONTAINE, M., LOPES, C., LÖHNERTZ, O., BALO, B., VARADI, G., SCHULTZ, H. R.; 2003: Influence de différents niveaux de rayonnement UV sur la physiologie, le taux de pigments et la composition des baies, cépage Riesling, VIIème Symposium International d Oenologie, Bordeaux, 19-21.6.2003.
- LAFONTAINE, M., LOPES, C., SCHULTZ, H. R., BALO, B., VARADI, G.; 2005: Leaf and Fruit Responses of 'Riesling' Grapevines to UV-Radiation in the Field, *Acta Horticulture*, 689, 125-131.
- LAKSO, A. N., POOL, R. M., CHENG, L., MARTINSON, T. LI, K. T.; 2002: Drought and water stress in New York vineyards and the potential for atypical aging of New York wines. In: 31st Annual New York Wine Industry Workshop. Henick-Kling, ed. Geneva: New York State Agricultural Experiment Station, 94-98.
- LEE, C.Y., ROBINSON, W.B., VAN BUREN, J.P., ACREE, T.E., STOESEN, G.S.; 1975: Methanol in wines in relation to processing and variety. *Am. J. Enol. Viticult.*, 26, 184-187.
- LINSENMEIER, A., LÖHNERTZ, O., SCHUBERT, S.; 2004: Effect of different N fertilization of vine on the tryptophan, free and total indole-3-acetic acid concentrations. *Vitis* 43, 157-162.
- LINSENMEIER, A., RAUHUT, D., DIEHL, H., SCHUBERT, S. UND LÖHNERTZ, O.; 2006: Einfluss unterschiedlicher Stickstoffversorgung auf Aromastoffgehalte und Aromaqualität von Weinen der Sorte „Riesling“. *Mitteilungen Klosterneuburg* 56, 84-93.

- LINSENMEIER, A., RAUHUT, D., KÜRBEL, H., LÖHNERTZ, O., SCHUBERT, S.; 2007 b: Untypical ageing off-flavour and masking effects due to long-term nitrogen fertilization. *Vitis* 46, 33-38.
- LINSENMEIER, A., RAUHUT, D., KÜRBEL, H., SCHUBERT, S., LÖHNERTZ, O.; 2007 a: Ambivalence of the influence of nitrogen supply on o-aminoacetophenone in "Riesling" wine. *Vitis* 46, 91-97.
- LINSENMEIER, A.; 2007: Einfluss der Stickstoffversorgung der Rebe (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) auf den untypischen Alterungston. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen.
- LINSENMEIER, A.; LÖHNERTZ, O. 2007 a: Changes in Norisprenoid Levels with long-Term Nitrogen Fertilisation in Different Vintages of *Vitis vinifera* var. Riesling wines. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 28, 17-24.
- LINSENMEIER, A.; LÖHNERTZ, O.; 2007 b: Einfluss der Stickstoffdüngung auf Wuchs, Ertrag, Most- und Weinqualität der Sorte `Riesling` in einem zwanzigjährigen Langzeitversuch II: Von der Traube zum Wein. *Mitteilungen Klosterneuburg* 57, 37-50.
- LINSENMEIER, A.; LÖHNERTZ, O.; 2007 c: Viel hilft nicht viel. *Das Deutsche Weinmagazin*. 7/8, 64-66.
- LINSENMEIER, A.; RAUHUT, D.; LÖHNERTZ, O.; 2008: N-Düngung – Freund oder Feind des UTA? *Weinbaujahrbuch* 59, 134-141.
- LÖHNERTZ, O., RAUHUT, D.; 2003: Das antioxidative Potential von Trauben, Most und Wein. Bestimmung in Abhängigkeit weinbaulicher und oenologischer Verfahren. Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung 2000-2002. Veröffentlichungen aus Lehre, angewandter Forschung und Weiterbildung. Fachhochschule Wiesbaden, Band 42, 126-133.
- LÖHNERTZ, O., PRIOR, B., BLESER, B., LINSENMEIER, A.; 1998: Einfluss von weinbaulichen Maßnahmen auf die Aminosäuregehalte in Trauben und Mosten der Sorte Riesling. *Proc. Intervitis Interfructa*. 5. Intern. Symposium: Innovationen in der Kellerwirtschaft. Mikroorganismen und Weinbereitung; Stuttgart, Germany; 11-12 Juni 1998, 1-23.

- LÖHNERTZ, O., RAUHUT, D., SHEFFORD, P.G., POUR NIKFARDJAM, M., LOSS, U.; 2000: Einfluss verschiedener Antioxidantien auf die Vergärung von Traubenmost und die Weinqualität. XXXV. Vortragstagung der DGQ. Funktionelle Inhaltsstoffe pflanzlicher Lebensmittel. 20-21. März 2000, Karlsruhe. 139-144.
- LÖHNERTZ, O., SCHULTZ, H. R., HÜNNECKE, B., LINSENMEIER, A.; 2002: Weinbauliche Massnahmen zur Vermeidung von UTA. Internationale Vereinigung für Oenologie, Betriebsführung und Weinmarketing e.V., 13. Internationales Oenologisches Symposium, 215-228.
- LÖHNERTZ, O.; 1988: Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Nährstoffaufnahme bei *Vitis vinifera* (c.v. Riesling). Dissertation Justus-Liebig-Universität Giessen.
- LÖHNERTZ, O.; 1996: UTA und Rebenernährung. Stress macht alt. Das Deutsche Weinmagazin 18, 18-23.
- LÖHNERTZ, O.; 1998 Einfluss von Stresssituationen auf die Trauben- und Weinqualität. Obstbau/Weinbau 11, 342-344.
- LOPEZ, R., AZNAR, M., CACHO, J., FERREIRA, V.; 2002: Determination of minor and trace volatile compounds in wine by solid-phase extraction and gas chromatography with mass spectrometric detection. J. Chromatogr. A 966, 167-177.
- MAIGRE, D.; 1998: Einfluß der Begrünung und der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Gutedel-Weinen. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 49, 103-114.
- MANN, S.; 1967: Chinazolderivate bei Pseudomonaden. Archiv für Mikrobiologie 56, 324-329.
- MARAIS, J.; POOL, H. J.; 1980: Effect of storage time and temperature on the volatile composition and quality of dry white table wines. Vitis 19 151-164.
- MATSUO, H.; TANIGUCHI, K., HIRAMOTO, T., YAMADA, T., ICHINOSE, Y. TOYODA, K. TAKEDA, K. SHIRAISHI, T.; 2001: Gramine increase associated with rapid and transient systemic resistance in barley seedlings induced by mechanical and biological stresses. Plant Cell Physiol., 42, 1103-1111,

- MATTIVI, F.; VRHOVSEK, U.; VERSINI, G.; 1999: Determination of indole-3-acetic acid, tryptophan and other indoles in must and wine by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J. Chrom. A* 855, 227-235.
- MCLEOD, A.R.; 1997: Outdoor supplementation systems for studies of the effects of increased UV-B radiation. In: J. ROZEMA, W. W. C. GIESKES, S. C. GREIJN, C. VAN DE NOLAN, DE BOOIS, H., Editors, *UV-B and Biosphere*, Kluwer, Dordrecht (1997), 78-92.
- MILTENBERGER, R.; KÖHLER, H.J.; GEßNER, M.; CURSCHMANN, K.; 1993: Einfluß des Lesezeitpunktes auf die Weinqualität. *Rebe und Wein* 8, 256-259.
- MITTLER, R.; 2002: Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7, 405-410.
- MÜLLER, E.; 1999 a: 15 Jahre Stickstoffdüngungsversuche: Erfahrungen und Konsequenzen. *Das Deutsche Weinmagazin* 19, 27-31.
- MÜLLER, E.; 1999 b: Stickstoffdüngung. Nach mir die Sintflut? *Das Deutsche Weinmagazin* 20, 28-32.
- MÜLLER, E.; 2000: UTA - Stand der Erkenntnisse aus weinbaulicher Sicht. *Deutsche Winzer Zeitschrift* 8, 22-27.
- MÜLLER, E.; 2002: Weinbauliche Strategien zur Vermeidung der Untypischen Alterungssnote. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* 53, 113-126.
- MÜLLER, E.; 2004: Die Laubarbeit als Instrument zur Steuerung der Traubenqualität. Teil II: Teilentblätterung. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* 9, 10-13.
- MÜLLER, K.; 1982: Der pflanzenverfügbare Stickstoff in Weinbergsböden und die jährliche N-Düngung. *Der Deutsche Weinbau* 35, 330-334.
- MÜLLER, K.; 1986: Auswirkungen zunehmender mineralischer Stickstoffgabe bei unterschiedlichen Humusgehalten des Bodens auf die Ertragsleistung der Reben und den Gesundheitszustand des Lesegutes. *Wein-Wissenschaft* 41, 363-376.
- MÜLLER, E.; 2010: Wuchskraft und Bestandsführung – auf Kurs bleiben! *Die Winzer-Zeitschrift* 6, 32-37.

- MÜLLERS, V.; 1996: Alterungsverhalten von Rieslingweinen. Diplomarbeit FH Wiesbaden, FB Geisenheim, zit. in: SPONHOLZ, W.-R.; HÜHN, T.; GROSSMANN, M.; 2001: Einfluß von Umwelt- und Substrateffekten auf die Bildung von wertbestimmenden Inhaltsstoffen. Proc. Intervitis Interfructa. 6. Intern. Symposium: Innovationen in der Kellwirtschaft; Stuttgart, 14.-16; 2001, 98-112.
- MUNDY, D. C. 2008; A review of the direct and indirect effects of nitrogen on botrytis bunch rot in wine grapes. New Zealand Plant Protection 61, 306-310.
- MUNDY, D.C., BERESFORD, R. M.; 2007: Susceptibility of grapes to *Botrytis cinerea* in relation to berry nitrogen and sugar concentration. New Zealand Plant Protection 60, 123-127.
- NELSON, R. R.; ACREE, T. E.; LEE, C. Y.; BUTTS, R. M.; 1977: Methyl anthranilate as an aroma constituent of American wine. J. Food Sci. 42, 57-59.
- NEUBERT, H.; KÖHLER, H.J.; 2001: UTA in Weinen mit und ohne Ascorbinsäure - Amtliche Qualitätsweinprüfung. Der Deutsche Weinbau 20, 18-21.
- NIELSON L. T., EATON D.K., WRIGHT D. W., SCHMIDT-FRENCH B.; 2006: Characteristic odors of *Tadarida brasiliensis mexicana* (Chiroptera: Molossidae). J.Cave Karst Stud. 68, 27-31.
- OJEDA, H.; DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A.; 2001: Influence of water deficits on grape berry growth. Vitis 40, 141-145.
- ORTEGA, C., LOPEZ, R., CACHO, J., FERREIRA, V.; 2001: Fast analysis of important wine volatile compounds development and validation of a new method based on gas chromatographic-flame ionisation detection of dechlormethane microextracts. J. Chromatogr. A 923, 205-214.
- OUGH, C. S., BELL, A. A.; 1980: Effects of nitrogen fertilization of grapevines on amino acid metabolism and higher-alcohol formation during grape juice fermentation. Am. J. Enol. Vitic. 31, 22-123.
- PAGE R. E., BLUM M. S. UND FALES, H. M.; 1988: o-Aminoacetophenone, a Pheromone that Repels Honeybees (*Apis mellifera* L.). Experientia 44, 270-271.

- PALMAND, S. R., GRIGSBY, J. H.; 1974: Stale flavors in beer, Identification of o-aminoacetophenon and ethyl nicotinoate in beer. The Brewers Digest, September, 58–59.
- PARKS, O. W., SCHWARTZ, D. P., KEENEY, M.; 1964: Identification of o-aminoacetophenone as a Flavour Compound in Stale Dry Milk. Nature 202, 185-187.
- PEEVER, T. L., HIGGINS, V. J.; 1989: Elektrolyte leakage, lipoxygenase and lipid peroxidation induced in tomato leaf tissue by specific and nonspecific elicitors from *Cladosporium fulvum*. Plant Physiology 90, 867-875.
- PETERNEL, M.; 1998: Stickstoff und Qualität. Zusammenfassung des Vortrags bei den 40. Veitshöchheimer Weinbautage. Rebe und Wein 3, 91.
- PETGEN, M. 2009: Wüchsigkeit - manchmal kann weniger mehr sein. Die Winzer-Zeitschrift 4, 33-35.
- POHL, H. 1994: Zur Situation der untypischen Alterungsnote beim Wein aus der Sicht der Praxis. Der Badische Winzer 8, 328-330.
- POHL, H.; 1992: Probleme mit einem Fehlton. Der Badische Winzer 8, 395-396.
- POHL, H.; 1993: Woher kommt die untypische Alterungsnote beim Wein? Der Badische Winzer 8, 316-317.
- PONI, S., LAKSO, A. N., TURNER, J. R., MELIOUS, R. E.; 1993: The effect of pre- and post-veraison water stress on growth and physiology of potted Pinot Noir grapevines at varying crop levels. Vitis 32, 207-214.
- POPOV, I., BLUMSTEIN, A, LEWIN, G.; 1994: Antioxidant effects of aqueous garlic extract. 1st Communication: Direct detection using the photochemiluminiscence. Arzneim. Forsch. Drug. Res. 44, 602-604.
- POUR NIKFARDJAM, M. S., GAAL, K., TESZLAK, P., KRECK, M., DIETRICH, H.; 2005 c: Influence of grapevine flower treatment with gibberellic acid (GA3) on o-aminoacetophenone (AAP) content and sensory properties of white wine. Mitteilungen Klosterneuburg 55, 184-190.
- POUR NIKFARDJAM, M. S., GAAL, K., TESZLAK, P.; 2005 a: Was verbindet Gibberellin mit UTA? Der Deutsche Weinbau 15, 22-25.

- POUR NIKFARDJAM, M. S., GAAL, K., TESZLAK, P.; 2005 b: Influence of grapevine flower treatment with gibberellic acid (GA3) on indole-3-acetic acid (IAA) contents of white wine. *Mitteilungen Klosterneuburg* 55, 114-117.
- POUR NIKFARDJAM, M. S., GAAL, K., TESZLAK, P.; 2006: Grapevine Flower Treatment with Gibberellic Acid (GA3) increases o-Aminoacetophenone (AAP) Content in some *Vitis vinifera* L. Wines. *Mitteilungen Klosterneuburg* 56, 124-126.
- POUR NIKFARDJAM, M., SECKLER, J., CHRISTMANN, M., PATZ, C.-C., DIETRICH, H., KÖHLER, H.J., SCHMITT, A.; 2001: Einfluss der Verarbeitungstechnik und Stabilisierung auf die phenolischen Inhaltsstoffe des Weines. In: *Innovationen in der Kellerwirtschaft. Intervitis Interfructa 2001*, 164-179.
- PRIOR, B.; 1997: Einfluss der Stickstoffversorgung auf die löslichen Aminosäuren in den Organen von *Vitis vinifera* L. (c.v. Riesling) und auf die Qualität des Mostes und des Weines. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen.
- RAPP, A., FRANCK, H.; 1971: Über die Bildung von Äthanol und einigen Aromastoffen bei Modellgärversuchen in Abhängigkeit von der Aminosäurenkonzentration. *Vitis* 9, 299-311.
- RAPP, A., RINGLAGE, S.; 1989: Vergleichende gaschromatographische Untersuchungen über die Aromstoffzusammensetzung der Weine verschiedener *Vitis-vinifera*- und pilzresistenter Rebsorten. *Vitis* 28, 21-29.
- RAPP, A., VERSINI, G., ENGEL, L.; 1995: Nachweis und Bestimmung von 2-Aminoacetophenon in vergorenen Modelllösungen. *Vitis* 34, 193-194.
- RAPP, A., VERSINI, G., ULLMEYER, H.; 1993: 2-Aminoacetophenon: Verursachende Komponente der "untypischen Alterungsnote" („Naphtalinton“, „Hybridton“) bei Wein. *Vitis* 32, 61-62.
- RAPP, A., VERSINI, G.; 1995: Fehlaroma: Die untypische Alterungsnote. *Der Deutsche Weinbau* 18, 18-21.
- RAPP, A., VERSINI, G.; 1996 a: Influence of Nitrogen compounds in Grapes on Aroma Compounds of Wine. *Vitic. Enol. Sci.* 51, 193-203.

- RAPP, A., VERSINI, G.; 2002: Vorkommen, Herkunft und Möglichkeiten für eine Verminderung der untypischen Alterungsnote (UTA) bei Wein – ein Überblick. Internationale Vereinigung für Oenologie, Betriebsführung und Weinmarketing e.V., 13. Internationales Oenologisches Symposium, 2002, 285-310.
- RAPP, A., VERSNI, G.; 1996 b: Vergleichende Untersuchungen zum Gehalt von Methylantranilat ("Foxton") in Weinen von neueren pilzresistenten Rebsorten und *Vitis vinifera*-Sorten. *Vitis* 35, 215-216.
- RAPP, A.; 1995: Den Geheimnissen der Alterung des Weines auf der Spur. *Deutsche Winzerzeitschrift* 4, 32-35.
- RAPP, A.; BARDONG, N.; 1976: Untersuchungen über den Einfluß der N-Düngung auf den Gehalt an Aminosäuren in reifenden Weinbeeren und Reborganen. Jahresbericht der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung, Siebeldingen.
- RAPP, A.; VERSINI, G.; ENGEL, H.; ULLEMEYER, H.; 1998: Fremde und unerwünschte Aromastoffe des Weines: Die untypische Alterungsnote. Proc. Intervitis Interfructa. 5. Intern. Symposium: Innovationen in der Kellerwirtschaft; Stuttgart, 11./12. Mai 1998, 270-289.
- RAUHUT, D., HÜTHER, S., FISCHER, S., KÜRBEL, H., PFLIEHINGER, M., MUSKAT, S., BACH, H. P., LÖHNERTZ, O.; 2006: Wirkung von Nährstoffsupplementen und Glutathion im Vergleich zu Ascorbinsäure auf die Bildung von 2-Aminoacetophenon und der Untypischen Alterungsnote. 29th OIV World Congress of Vine and Wine. 4th General Assembly of the OIV, 25-30 June 2006, Logrono Spain.
- RAUHUT, D., KÜRBEL, H.; 2002: Bockserbildung und / oder untypischer Alterungston: eine möglich Differenzierung. Internationale Vereinigung für Oenologie, Betriebsführung und Weinmarketing e.V., 13. Internationales Oenologisches Symposium, 371-383.
- RAUHUT, D., BEISERT, B., FRITSCH, S., KÜRBEL, H.; 2008: Two-dimensional GC and Nitrogen Chemiluminescence detection to analyse volatile N-Compounds in wine with and without off-flavour. Expression of Multidisciplinary Flavour Science. Ed.: Blank, I., Wüst, M., Yeretizian, C. Proceedings of the 12th Weurman Symposium Interlaken, Switzerland, 2008, 513-516.

- RAUHUT, D., KÜRBEL, FISCHER, S., H., BEISERT, B.; 2007: Simultaneous analysis of N- and S-compounds as screening fort the identification of off-flavors in wine. In: Recent Highlights in Flavour Chemistry & Biology, Proceedings of the 8th Wartburg Symposium, Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, 314-318.
- RAUHUT, D., KÜRBEL, H., GROSSMANN, M.; 1996: Hefeernährung und Weinqualität. Das deutsche Weinmagazin 18, 24–31.
- RAUHUT, D., SHEFFORD, P. G., POUR NIKFARDJAM, M. KÜRBEL, H., LOOS, U., LÖHNERTZ, O.; 2001: Einfluss verschiedener Antioxidantien auf die Gärung und die Entstehung von Fehlaronen. Intervitis Interfructa 2001, 209-217.
- RAUHUT, D., SHEFFORD, P.G., ROLL, C, KÜRBEL, H., LÖHNERTZ, O.; 2003: Effect of diverse oenological methods to avoid occurrece of atypical aging and related off-flavours in wine. Oenologie 2003. 7th international symposium of oenology. Lavoisier 2003, 376-379.
- RAUHUT, D.; 1996: Qualitätsmindernde schwefelhaltige Stoffe im Wein. Geisenheimer Berichte, Dissertation Justus-Liebig-Universität Giessen, 1996.
- RECHNER, A. PATZ, C. D., DIETRICH, H.; 1997: Beitrag zur Bewertung der antioxidativen Kapazität verschiedener Getränke. Flüssiges Obst 64, 62-65.
- REYNOLDS, A. G., NAYLOR, A. P.; 1994: Pinot noir and Riesling grape vines respond to water stress duration and soil water-holding capacity. Hort. Science 29, 1505-1510.
- RITTER, G.; 1994: Die Bedeutung der phenolischen Saft- und Weinhaltstoffe während der Verarbeitung von Äpfeln, Speierling und weißen Trauben . Der Einfluß moderner Verfahrenstechnologie auf die Qualität des Endproduktes. Dissertation Universität Gießen.
- RUPP, D.; TRÄNKLE, L.; FOX, R.; 1999: Zerstörungsfreie Chlorophyllbestimmung bei Reben - Bewertung von Sorteneinflüssen und Probenahmeeffekten. Mitt. Klosterneuburg 49, 86-92.
- SABLAYROLLES, J. M., BLATERYON, L.; 2002: Prevention des ralentissements de la fermentation: avantages d'un apport optimal d'oxygene et d'azote et perspectives futures. Internationale Vereinigung für Oenologie, Betriebsführung und Weinmarketing e.V., 13. Internationales Oenologisches Symposium 2002, 171-182.

- SCHALLER, K.; 2000: Praktikum zur Bodenkunde und Pflanzenernährung. Geisenheimer Berichte Bd. 2.
- SCHALLER, K.; LÖHNERTZ, O.; 1985: Ermittlung des Ernährungszustandes von Reben nach der Blattanalyse. Wein-Wissenschaft 40, 394-412.
- SCHMARR, H-G., GANß, S., SANG, W., POTOUIDIS, T. (2007): Analysis of 2-aminoacetophenone in wine using a stable isotope dilution assay and multidimensional gas chromatography-mass spectrometry. Journal of Chromatography A 1150, 78-84.
- SCHMID, J.; 1997: Xylemflussmessungen an Reben. Geisenheimer Berichte, Dissertation Justus-Liebig-Universität Giessen.
- SCHNEIDER, J.; 2011: Lokalisierung von Aminosäuren in der Beere bei der Rebsorte Müller-Thurgau. Bachelorarbeit Hochschule Rhein-Main, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- SCHNEIDER, V., TRUMMER, M.; 2009: Jung und schon alt: Alterungsverhalten österreichischer Weißweine. Der Winzer 7, 12-16.
- SCHNEIDER, V.; 2004: Der untypische Alterungston (UTA). Die Winzer-Zeitung 6, 38.
- SCHNEIDER, V.; 2013 a: Untypischer Alterungston: Weltweites Problem UTA. Der Winzer, 7, 24-28.
- SCHNEIDER, V.; 2013 b: Bedeutung von Sauerstoff für die Bildung von UTA. Die Winzer-Zeitschrift, 11, 32-33.
- SCHNEIDER, V.; 2014: Atypical Aging Defect: Sensory Discrimination, Viticultural Causes, and Enological Consequences. A Review. Am. J. Enol. Vitic. 65, 277-284.
- SCHORR, T.; 2003: Einfluss unterschiedlicher Bodenpflegesysteme auf den Bodenwasser- und -stickstoffhaushalt, die Wuchsleistung der Rebe und die Most- und Weinqualität. Dissertation. Albert-Ludwig-Universität Freiburg im Breisgau.
- SCHULTZ, H. R., DEIBEL, M., LÖHNERTZ, O., BETTNER, W., VARADI, G., VERSINI, G.; 2001: Is current level UV-B radiation influencing wine aroma components? Results from 5-years of field experiments. In: Innovationen in der Kellerwirtschaft. Intervitis Interfructa, 76-84, 2001.

- SCHULTZ, H. R.; 2000: Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Aust. J. Grape and Wine Res.* 6, 2-12.
- SCHULTZ, H.R.; LÖHNERTZ, O.; BETTNER, W.; BALO, B.; LINSSENMEIER, A.; JÄHNISCH, M.; MÜLLER, B.; GAUBATZ, B.; VARADI, G.; 1998: Is grape composition affected by current levels of UV-B radiation? *Vitis* 37, 191-192.
- SCHULTZ, H.R.; LÖHNERTZ, O.; HÜNNECKE, B.; LINSSENMEIER, A.; 2002: Viticulture and atypical aging. *Proc. 31. New York Wine Industry Workshop* 3.4 - 5.4. Geneva, USA, 83-85.
- SCHULTZ, H.R.; WEBER, M.; GAUBATZ, B.; MÜLLER, S.; 1999: Entblätterung in der Traubenzone II: Weniger Blatt -mehr Qualität? *Das Deutsche Weinmagazin* 13, 16-21
- SCHWAB, A. und PETERNEL, M.; 1997: Untersuchung der Auswirkungen einer langjährigen Dauerbegrünung auf die Most- und Weinqualität unter fränkischen Boden- und Klimaverhältnissen. *Vitic. Enol. Sci.* 52, 20-26.
- SCHWAB, A. und PETERNEL, M.; 2001 b: Untypische Alterungsnote. UTA-Ursache: Ungenügende Traubenreife. *Der Deutsche Weinbau* 9, 16-21.
- SCHWAB, A., CHRISTOPH, N., KÖHLER, H. J., GEßNER, M., SIMAT, T. J.; 1999: Einfluß weinbaulicher Maßnahmen auf die Ausprägung der Untypischen Alterungsnote bei Weißweinen. Teil I: Einfluß des Lesezeitpunktes. *Vitic. Enol. Sci.* 54, 114-120.
- SCHWAB, A., PETERNEL, M., KÖHLER, J., HEIGEL, K.-P.; 1996: Die Untypische Alterungsnote im Wein. IV: Beeinflussung durch weinbauliche Massnahmen. *Rebe und Wein* 6, 181-187.
- SCHWAB, A.; 1998: Extensivierung von Bodenpflege und Düngung und deren Auswirkung auf die Most- und Weinqualität. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* 49, 93-101.
- SCHWAB, A.; PETERNEL, M.; 2001 a: Ungenügende Traubenreife: Ursache der „Untypischen Alterungsnote (UTA)“ im Wein. *Rebe und Wein* 9, 14-17.
- SEITER, P, RIEDEL, M.; 2001: Bodenpflege und Stickstoff (N)-Düngung eines humusarmen Standortes: Brennpunkt N-Mangel. *Das Deutsche Weinmagazin* 26, 24-27.

- SEITER, P., LINSSENMEIER, A., RIEDEL, M. (2002): Einfluss von Bodenpflege und Stickstoffdüngung auf den Traubenertrag, die Stickstoffversorgung der Rebe und die hefeverwertbaren Stickstoffverbindungen im Most. Deutsches Weinbaujahrbuch 53, 105-111.
- SEITER, P.; 2000: Der Einfluß von Stickstoffdüngung und Bodenpflege auf die Stickstoffversorgung der Rebe und die Weinqualität. Eine Studie zum Problem des "Untypischen Alterungstons". Dissertation, Albert-Ludwig-Universität Freiburg im Breisgau.
- SEITER, P.; RIEDEL, M.; 1998: Bodenpflege und Stickstoffdüngung. Teil II. Der Badische Winzer 5, 54-56.
- SHEFFORD, P.; 2001: Einfluss verschiedener Antioxidantien auf die Vergärung von Traubenmost und auf die Weinqualität. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- SHURE, K., ACREE, T. E.; 1994: Changes in the Odor-Active Compounds in *Vitis labruscana* Cv. Concord during Growth and Development. J. Agric. Food. Chem. 42, 350-353.
- SIEBERT, T., HERDERICH, M., FRANCIS, L., POLLNITZ, A.; 2003: No evidence of "atypical ageing taint" in Australian white wine. Aust. N. Z. Wine Ind. J. 18, 55-58.
- SIMAT, T., HOENICKE, K., GEBNER, M., CHRISTOPH, N.; 2004: Metabolism of Tryptophan and Indole-3-acetic acid formation during vinification. Mitteilungen Klosterneuburg 54, 43-55.
- SINGLETON, V. L., ROSSI, J. A.; 1965: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagent. Am. J. Enol. Vitic. 37, 144-158.
- SMIT I., PFLIEHINGER M., BINNER A., GROßMANN M., HORST W. J., LÖHNERTZ, O.; 2013: Nitrogen fertilization increases biogenic amines and amino acid concentrations in *Vitis vinifera* var. Riesling musts and wines. J Sci Food Agric, 94, 2064-2072.
- SMIT, I.; 2008: Einfluss von Rebsorte, Stickstoffdüngung und Traubenfäulnis auf die Bildung biogener Amine in Beeren, Most und Wein der Rebe (*Vitis vinifera* L.). Dissertation Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.

- SPAYD, S. E.; WAMPLE, R. L.; EVANS, R. G.; STEVENS, R. G.; SEYMOUR, B. J.; NAGEL, C. W.; 1994: Nitrogen fertilization of white Riesling grapes in Washington. Must and wine composition. *Am. J. Enol. Vitic.* 45, 34-42.
- SPAYD, S.E., NAGEL, C.W., EDWARDS, C.G.; 1995: Yeast growth in Riesling juice as affected by vineyard nitrogen fertilization. *Am. J. Enol. Vitic.* 45, 34-42.
- SPONHOLZ, W. R. HÜHN, T., GROßMANN, M.; 2001: Einfluss von Umwelt- und Substrateffekten auf die Bildung von wertbestimmenden Inhaltsstoffen. In: Innovationen in der Kellerwirtschaft. *Intervitis Interfructa*, 98-112.
- SPONHOLZ, W. R., HÜHN, T., ENGELMANN, A., SIBEN, A.; 1997: Mögliche Einflüsse weinbauliche Parameter auf die Ausbildung des „Untypischen Alterungstons“ bei Rieslingweinen. *Vitic. Enol. Sci.* 52, 41-50.
- SPONHOLZ, W. R.; 2002: The Atypical Aging – A Survey. 31st Annual New York Wine Industry Workshop, 3.-5. April 2002, Proceedings, 75-78.
- SPONHOLZ, W.R., HÜHN, T.; 2001: Was sie schon immer über UTA.....Der Deutsche Weinbau 10, 82-87.
- SPRING, J.-L., LORENZINI, F.; 2006: Effet de la pulverisation foliaire d'uree sur l'alimentation azotee et la qualite du Chasselas en vigne enherbee. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 38, 105-113.
- STEEL, C. C., KELLER, M.; 2000: Influence of UV-B irradiation on the carotenoid content of *Vitis vinifera* tissues. *Biochem. Soc. T.* 28, 883–885.
- STOCKHORST, J.; 2002: Optimierung von Sektgrundwein. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- STOLL, M.; 2000: Effects of partial rootzone drying on grapevine physiology and fruit quality. Dissertation University of Adelaide.
- TEVINI, M.; 1996: Erhöhte UV-B-Strahlung: Ein Risiko für Nutzpflanzen? *Biologie in unserer Zeit*, 26, 245-254.
- TUOMI, T., LAAKSO, S. ROSENQUIST, H.; 1995: Plant Hormones in fungi and bacteria from malting barley. *J. Inst. Brew.* 101, 351-357.

- UGLIANO, M., HENSCHKE, P.A., HERDERICH, M.J., PRETORIUS, I.S. (2007). Nitrogen management is critical for wine flavour and style. *Wine Industry Journal* 22, 24-30.
- VERSINI, G.; LUNELLI, M.; 2002: The occurrence of atypical aging aroma and other particular aroma-influencing compounds in sparkling wines. *Proc. Intern. particular aroma-influencing compounds in sparkling wines. Proc. Intern. Weinmarketing e.V. Montpellier, Frankreich 10.-12. Juni 2002*, 351-368.
- VIVAS, N., SAINT-CRICQ DE GAULEJAC, N., GLORIES, Y.; 1997: Influence de SO₂ et de l'acide ascorbique sur l'activité antiradicalaire des tannins, mesurée sur l'anion superoxyde. Application aux vins rouges. *Vitis* 36, 91-96.
- WALG, O.; 2003: Stress vermeiden. *Das Deutsche Weinmagazin* 4, 30-34.
- WANG, J., DE LUCA, V. (2005): The biosynthesis and regulation of biosynthesis of Concord grape fruit esters, including "foxy" methylanthranilate. *The Plant Journal* 44, 606–619.
- WARGENT, J., PODOLYAN, A., SHINKLE, J.; HOFMAN, R.; WINEFIELD, C., TROUGHT, M.; JORDAN, B; 2009: Sauvignon blanc grape berry biochemistry and molecular biology. The role of light development and environmental stress. COST 858, Viticulture Final Meeting, 26, 27.-30. Oktober 2009.
- WEBSTER, D.R., EDWARDS, C.G., SPAYD, S.E., PETERSON, J.C., SEYMOUR, B.J.; 1993: Influence of vineyard nitrogen fertilization on the concentrations of monoterpenes, higher alcohols and esters in aged "Riesling" wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 44, 275-285.
- WILLIAMS L. E.; MATTHEWS, M. A.; 1990: Grapevine. Irrigation of agricultural crops. Stewart, B. A., Nielson, D. R. editors: Vol. 30, 1019-1055. American Society of Agronomy, Madison USA.
- WINTER, E.; 2003: Avoiding drought-related mothball aroma in white wine. *Austr. New Zealand Wine Ind. J.* 18, 63-66.
- WOHLFARTH, P.; 1993: Untypische Alterungsnote-Ansätze zur Problemlösung. *Der Badische Winzer* 8, 318-319.
- WOHLFARTH, P.; 1994: Untypische Alterungsnote im Blickpunkt. *Der Badische Winzer* 8, 330-332.

-
- WOHLFARTH, P.; 1995: Untypische Alterungsnote: Erfahrungen aus den vergangenen drei Jahren. *Der Badische Winzer* 8, 383-388.
- YANG, S. F., SALEH, M. A.; 1973: Destruction of inolde-3-acetic acid during the aerobic oxidation of sulfite. *Phytochemistry* 12, 1463-1466.
- YANG, Y., BATTESTI, M. J., DJABOU N., MUSELLI, A., PAOLINI, J., TOMI, P., COSTA, J.; 2012: Melissopalynological origin determination and volatile composition analysis of Corsican ‘‘chestnut grove’’ honeys. *Food Chemistry* 134, 37-47.
- ZIEGLER, B.; 2002: Stickstoff-Düngung: Die ständige Gradwanderung. *Das Deutsche Weinmagazin* 8, 26-32.

Einfluss weinbaulicher und klimatischer Bedingungen auf die Bildung des Untypischen Alterungstons (UTA) in Wein

Diese Arbeit beschäftigte sich mit der Bildung des Untypischen Alterungstons bei Weißwein bei unterschiedlichen weinbaulichen Maßnahmen. Neben einem Freilandversuch wurde ein weiterer neuer Ansatz eines Gefäßversuchs mit im Freiland in die Erde eingegrabenen Großcontainern (240 L) gewählt. Dieser Versuchsaufbau ermöglichte eine gezielte und differenzierte Belichtung sowie eine differenzierte Wasser- und Nährstoffversorgung der Reben, um diese möglichen Stresssituationen gezielt auszusetzen. Gepflanzt wurden die Sorten Müller-Thurgau (*Vitis vinifera*) und Niagara (*Vitis labruscana*). Die Sorte Niagara wurde gewählt, da sie schon in der Traube die für das UTA-Aroma verantwortliche Substanz 2-Aminoacetophenon bildet. Dabei sollte beobachtet werden, ob sich die Menge an 2-Aminoacetophenon in den Trauben von Niagara durch Stresseinwirkung auf die Pflanze verändert und es Analogien zur Bildung in *Vitis vinifera* gibt.

